

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión



Trabajo Fin de Grado
Escuela Politécnica Superior
Área de Organización Industrial

Leganés, 02 de julio de 2018

Autora: Alba Luna Galera

Tutor del trabajo por la universidad: Bernardo Prida Romero

Tutor del trabajo por la empresa: José A. Zamora Arjona

ÍNDICE

<u>Portada</u>	Pág. 1
<u>Índice</u>	Pág. 2
<u>Índice de tablas y figuras</u>	Pág. 8
<u>Capítulo 1 - Introducción</u>	Pág. 14
1.1- Introducción	Pág. 16
1.2- Objetivos	Pág. 17
1.3- Estructura del documento	Pág. 19
1.4- Planificación del trabajo	Pág. 20
<u>Capítulo 2 - Breve descripción de John Deere y su entorno</u>	Pág. 21
2.1- Introducción a la empresa John Deere	Pág. 23
2.1.1- Divisiones empresariales	Pág. 24
2.2- John Deere Ibérica S.A.	Pág. 25
2.3- Productos	Pág. 26
2.3.1- Minifábrica de Cajas Pesadas de Transmisión	Pág. 26
2.3.2- Minifábrica de Cajas Ligeras de Transmisión	Pág. 27
2.3.3- Minifábrica de Mandos Finales	Pág. 27
2.3.4- Minifábrica de Ejes y Engranajes	Pág. 27
2.4- Organización	Pág. 28

2.5- Entorno de la empresa	Pág. 29
2.6- Estrategia o análisis DAFO	Pág. 30

Capítulo 3 - Descripción detallada del funcionamiento de los procesos de gestión de la calidad de las cajas de transmisión

Pág. 32

3.1- Introducción a los procesos de gestión de la calidad	Pág. 35
3.1.1- <i>¿Qué es la calidad?</i>	Pág. 35
3.1.2- <i>Evolución del concepto de la calidad</i>	Pág. 37
3.1.3- <i>Distintos enfoques de la gestión de la calidad</i>	Pág. 37
3.2- Lean Manufacturing y la gestión de la calidad de cajas de transmisión	Pág. 45
3.2.1- <i>La cadena de suministro</i>	Pág. 46
3.2.2- <i>Herramientas Lean</i>	Pág. 46
3.2.2.1- <i>TPM (Total Productive Maintenance)</i>	Pág. 46
3.2.2.2- <i>5Ss</i>	Pág. 48
3.2.2.3- <i>Kaizen (Mejora Continua)</i>	Pág. 49
3.2.2.4- <i>Poka Yoke</i>	Pág. 51
3.2.2.5- <i>Six Sigma</i>	Pág. 54
3.3- Departamentos encargados de la gestión de la calidad en JDISA	Pág. 56
3.3.1- <i>OFP</i>	Pág. 56
3.3.2- <i>PDP</i>	Pág. 57
3.3.3- <i>SQA</i>	Pág. 58
3.3.4- <i>Medición y verificación</i>	Pág. 59
3.4 DPS	Pág. 61
3.4.1- <i>DPQS</i>	Pág. 64

3.5- Procesos de gestión de la calidad de las cajas de transmisión	Pág. 66
3.5.1- Fase de validación de productos nuevos	Pág. 66
3.5.1.1- DFMEA	Pág. 66
3.5.1.2- PFMEA	Pág. 72
3.5.1.3- Plan de control	Pág. 74
3.5.1.4- DPAR	Pág. 76
3.5.2- Fase de proceso de producción	Pág. 80
3.5.2.1- Actuación ante elementos críticos de montaje	Pág. 80
3.5.2.2- Política de no avanzar material defectuoso	Pág. 84
3.5.2.3- Auditorías volantes	Pág. 85
3.5.2.4- SPC	Pág. 87
3.5.2.5- Trazabilidad	Pág. 90
3.5.2.6- Acciones preventivas	Pág. 92
3.5.2.7- Acciones de contención	Pág. 94
3.5.2.8- Acciones correctivas	Pág. 98
3.5.3- Fase de producto	Pág. 99
3.5.3.1- Inspecciones	Pág. 99
3.5.3.2- Repetibilidad y Reproductibilidad de calibres (GR&R)	Pág. 103
3.5.3.3- DOE	Pág. 105
3.5.3.4- Estudio de capacidad de un proceso	Pág. 108
3.5.3.5- Auditorías de producto	Pág. 109
3.5.3.6- Scrap	Pág. 110
3.5.4- Fase de gestión de reclamaciones postventa	Pág. 110
3.5.4.1- Gestión de reclamaciones directas de cliente	Pág. 110
3.5.4.2- Gestión de reclamaciones de garantías	Pág. 114
3.5.4.3- Gestión 8D	Pág. 116

Capítulo 4 - Gestión de la calidad en Pág. 118

un caso real de reclamaciones postventa

4.1- Introducción y definición del caso	Pág. 120
4.1.1- <i>Caja de transmisión ProDrive</i>	Pág. 121
4.2- Obtención de datos	Pág. 124
4.3- Análisis de la causa raíz	Pág. 128
4.3.1- <i>Análisis del lead o twist (giro) en los ejes de salida de ProDrive</i>	Pág. 131
4.3.2- <i>Verificación de las causas materiales</i>	Pág. 133
4.3.3- <i>Verificación de las causas por el método de montaje</i>	Pág. 135
4.3.4- <i>Verificación de las causas por la máquina de destino</i>	Pág. 136
4.3.5- <i>Ejecución del DOE</i>	Pág. 137

Capítulo 5 - Propuestas de mejora Pág. 141

5.1- Introducción a las propuestas de mejora	Pág. 144
5.2- Propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real	Pág. 145
5.2.1- <i>Propuestas de mejora sobre el método de montaje del retén</i>	Pág. 146
5.2.2- <i>Propuestas de mejora sobre el lead de los ejes de salida</i>	Pág. 148
5.3- Propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión	Pág. 150
5.3.1- <i>Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de validación de productos nuevos</i>	Pág. 150
5.3.2- <i>Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase del proceso de producción</i>	Pág. 151

5.3.2.1- Política de no entregar material defectuoso	Pág. 152
5.3.2.2- Auditorías volantes	Pág. 152
5.3.2.3- SPC	Pág. 153
5.3.2.4- Trazabilidad	Pág. 153
5.3.2.5- Acciones preventivas	Pág. 154
5.3.2.6- Acciones de contención	Pág. 156
5.3.2.7- Acciones correctivas	Pág. 157
5.3.3- Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de producto	Pág. 157
5.3.3.1- Inspecciones	Pág. 157
5.3.3.2- Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R)	Pág. 158
5.3.3.3- Auditorías de producto	Pág. 158
5.3.4- Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de gestión de reclamaciones postventa	Pág. 159
5.4- Plan de implementación	Pág. 165
5.4.1- Plan de implementación de las propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real	Pág. 165
5.4.2- Plan de implementación de las propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión	Pág. 166

Capítulo 6 - Conclusiones y futuros desarrollos

Pág. 169

6.1- Introducción a las conclusiones y futuros desarrollos	Pág. 171
6.2- Análisis de los resultados	Pág. 172

*6.2.1- Análisis de los resultados del plan de implementación
de las propuestas de mejora directamente aplicadas
al caso real*

Pág. 172

*6.2.2- Análisis de los resultados del plan de implementación
de las propuestas de mejora en la gestión de calidad en
la cadena de suministro de cajas de transmisión*

Pág. 174

6.3- Marco regulador

Pág. 177

6.4- Conclusiones

Pág. 179

6.5- Futuros desarrollos

Pág. 181

Bibliografía

Pág. 182

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Capítulo 1:

Figura 1.1: Línea temporal de la realización del Trabajo Fin de Grado.	Pág. 20
--	---------

Capítulo 2:

Figura 2.1: Retrato de John Deere. [1]	Pág. 23
Figura 2.2: Mapa de las instalaciones de John Deere por todo el mundo. [2]	Pág. 24
Figura 2.3: Evolución cronológica de los diferentes modelos de tractores de JDISA. [3]	Pág. 26
Figura 2.4: Organigrama John Deere Ibérica.	Pág. 28
Tabla 2.5: Análisis DAFO John Deere Ibérica.	Pág. 30

Capítulo 3:

Figura 3.1: Posibles causas de un problema de calidad.	Pág. 36
Figura 3.2: Is-Is not template John Deere. [4]	Pág. 37
Figura 3.3: Esquema del proceso de la inspección. [5]	Pág. 38
Figura 3.4: Enfoques de inspección y de control estadístico actuando en común. [6]	Pág. 40
Tabla 3.5: Resumen de las diferencias entre enfoques de la gestión de la calidad.	Pág. 42
Figura 3.6: Integración de todos los enfoques en uno solo, el enfoque integrador de Gestión de la Calidad Total. [7]	Pág. 44
Figura 3.7: Analogía de los costes de la mala calidad. [8]	Pág. 45
Figura 3.8: Esquema de funcionamiento de TPM. [9]	Pág. 47
Figura 3.9: Niveles de prevención de un <i>Poka Yoke</i> .	Pág. 52
Figura 3.10: Hoja de Autocontrol de <i>Poka Yoke</i> en JDISA. [10]	Pág. 53
Figura 3.11: Kit de montaje.	Pág. 54
Figura 3.12: Enfoque Six sigma. [11]	Pág. 55
Figura 3.13: Plan de Calidad de Prototipos desarrollado en JDISA. [12]	Pág. 58

Figura 3.14: Plan de Calidad de Lote Piloto desarrollado en JDISA. [13]	Pág. 58
Figura 3.15: Panel de Mejora Continua de la minifábrica de Mandos Finales.	Pág. 63
Figura 3.16: Hoja de trabajo DFMEA John Deere.	Pág. 67
Figura 3.17: Añadido a la hoja de trabajo DFMEA John Deere.	Pág. 71
Figura 3.18: Hoja de trabajo PFMEA John Deere.	Pág. 73
Figura 3.19: Plan de control John Deere.	Pág. 74
Figura 3.20: Historial de cambios del plan de control John Deere.	Pág. 76
Figura 3.21: Primera parte de un documento DPAR John Deere.	Pág. 76
Figura 3.22: Orden de verificación John Deere.	Pág. 77
Figura 3.23: Segunda parte de un documento DPAR John Deere.	Pág. 79
Figura 3.24: Rodamiento de bolas. [14]	Pág. 80
Figura 3.25: Rodamiento de agujas. [15]	Pág. 80
Figura 3.26: Retén y sus partes. [16]	Pág. 81
Figura 3.27: Anillo elástico. [17]	Pág. 82
Figura 3.28: Juntas tóricas. [18]	Pág. 83
Figura 3.29: Grupo cónico. [19]	Pág. 83
Figura 3.30: Hoja de Política de no entregar material defectuoso John Deere.	Pág. 84
Figura 3.31: Registro de auditorías volantes semanales John Deere.	Pág. 86
Figura 3.32: Representación de variabilidad constante y permanente.	Pág. 87
Figura 3.33: Representación de variabilidad alta y espontánea.	Pág. 87
Figura 3.34: Detalle de una HDM John Deere.	Pág. 88
Figura 3.35: Carpeta de cartas de control en puesto en John Deere.	Pág. 88
Figura 3.36: Carta de control John Deere. [20]	Pág. 89
Figura 3.37: Pantalla de trazabilidad del montaje final del Crawler en JDISA.	Pág. 91
Figura 3.38: Selección del producto del que se quieren ver los datos de trazabilidad.	Pág. 91
Figura 3.39: Informe de trazabilidad del producto.	Pág. 92
Figura 3.40: Banco de rodaje realizando una prueba de campo en John Deere Ibérica.	Pág. 94



Figura 3.41: Tarjeta de contenedor bloqueado. [21]	Pág. 95
Figura 3.42: Tarjeta de material bloqueado.	Pág. 95
Figura 3.43: Tarjeta de material desbloqueado.	Pág. 95
Figura 3.44: Stop Shipment Checklist John Deere. [22]	Pág. 97
Figura 3.45: Stop Shipment/Building: Determination Checklist (primera reunión) John Deere. [23]	Pág. 98
Figura 3.46: Alerta de calidad en caja de transmisión Jackshaft John Deere.	Pág. 99
Figura 3.47: Pie de rey, partes. [24]	Pág. 100
Figura 3.48: Micrómetro, partes. [25]	Pág. 101
Figura 3.49: Reloj comparador, partes. [26]	Pág. 102
Figura 3.50: Diferentes patrones utilizados en John Deere. [27]	Pág. 102
Figura 3.51: Diferentes tipos de tampones utilizados en John Deere.	Pág. 103
Figura 3.52: Calibre de herradura.	Pág. 103
Figura 3.53: Calibre para ranuras.	Pág. 103
Figura 3.54: Linealidad de un instrumento de medición. [28]	Pág. 104
Figura 3.55: Ejemplo de datos de entrada de un estudio GR&R. [29]	Pág. 105
Figura 3.56: Ejemplo de factores y niveles en un DOE.	Pág. 106
Figura 3.57: Ejemplo de factores, niveles y variable de salida en un DOE.	Pág. 106
Figura 3.58: Diagrama de Pareto de los efectos de un DOE.	Pág. 107
Figura 3.59: Índice de capacidad de un proceso y sus límites. [30]	Pág. 108
Figura 3.60: Diferencias entre precisión y exactitud.	Pág. 108
Tabla 3.61: Niveles de calidad sigma en función del Cpk.	Pág. 108
Figura 3.62: Herramienta de análisis 5 WHY'S.	Pág. 111
Figura 3.63: Diagrama de Ishiwaka o de espina de pescado.	Pág. 112
Figura 3.64: Herramienta RCT (Root Cause Tree).	Pág. 112
Figura 3.65: Base de datos de gestión de reclamaciones interna JDISA.	Pág. 113

Capítulo 4:

Figura 4.1: Fuga de aceite en máquina agrícola John Deere causada por la caja ProDrive.	Pág. 120
--	----------

Figura 4.2: Ejes de salida de una caja de transmisión ProDrive.	Pág. 120
Figura 4.3: Ubicación de ProDrive en una cosechadora.	Pág. 121
Tabla 4.4: Modelos actuales de producción de ProDrive.	Pág. 122
Figura 4.5: Partes de la caja de transmisión ProDrive.	Pág. 122
Figura 4.6: Layout de la minifábrica de cajas pesadas.	Pág. 123
Figura 4.7: Archivo semanal de garantías del que se extraen los datos del caso.	Pág. 124
Figura 4.8: Reclamación de garantías correspondiente a las fugas por el retén AZ42575.	Pág. 126
Figura 4.9: Análisis de dónde se produce exactamente cada fuga de la caja ProDrive según las reclamaciones de garantías.	Pág. 126
Figura 4.10: Root Cause Tree de las fugas en la caja ProDrive.	Pág. 128
Figura 4.11: Excentricidad dinámica del eje sistema eje-acoplamiento. [31]	Pág. 130
Figura 4.12: Excentricidad estática del eje sistema eje-acoplamiento. [32]	Pág. 131
Figura 4.13: Exceso de suciedad en la zona del eje de salida de ProDrive en el campo.	Pág. 131
Figura 4.14: Estructura helicoidal de lead (giro) en un eje torneado o rectificado (muy aumentada respecto a la realidad).	Pág. 132
Figura 4.15: Perfilómetro óptico para medición de parámetros del lead.	Pág. 132
Figura 4.16: Parámetros medidos en el análisis del lead.	Pág. 133
Figura 4.17: Muelle partido de algunos retenes del eje de salida de ProDrive.	Pág. 134
Figura 4.18: Parámetros del lead del eje de salida de ProDrive.	Pág. 134
Figura 4.19: Posición incorrecta del cilindro de la prensa y la camisa que aloja al retén.	Pág. 135
Figura 4.20: Camisa golpeada con los bordes doblados hacia a fuera.	Pág. 135
Figura 4.21: Labio del retén de salida de ProDrive dañado.	Pág. 136
Figura 4.22: Vehículo John Deere de doble rueda.	Pág. 136
Figura 4.23: Inspección de fugas con luz ultravioleta.	Pág. 137
Figura 4.24: Valores para cada uno de los factores empleados en el DOE.	Pág. 138

Figura 4.25: Factores con los que se lleva a cabo cada uno de los experimentos. Pág. 138

Figura 4.26: Colocación de los resultados en la hoja de trabajo de Minitab. Pág. 139

Figura 4.27: Efecto de cada uno de los factores sobre el experimento. Pág. 140

Capítulo 5:

Figura 5.1: Actualización PFMEA ProDrive. Pág. 146

Figura 5.2: Actualización de las acciones llevadas a cabo en PFMEA de ProDrive. Pág. 147

Figura 5.3: Alerta de calidad de posición del cilindro de la prensa en ProDrive. Pág. 148

Figura 5.4: Actualización DFMEA del eje de salida de ProDrive CE30105. Pág. 149

Figura 5.5: Actualización de la acción llevada a cabo en DFMEA de eje CE30105. Pág. 149

Figura 5.6: Prototipo de la nueva base de datos interna de reclamaciones de JDISA proporcionado por la empresa externa programadora de software. Pág. 160

Figura 5.7: Procesos 8D cuya fecha límite sea crítica. Pág. 161

Figura 5.8: Scorecard de la actuación de los procesos 8D abiertos en JDISA. Pág. 162

Figura 5.9: Mensaje de calidad del mes de marzo 2018. Pág. 164

Tabla 5.10: Plan de implementación de propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real. Pág. 165

Tabla 5.11: Plan de implementación de propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión. Pág. 166

Capítulo 6:

Figura 6.1: Línea temporal del proyecto de calidad de reducción de fugas en la caja ProDrive. Pág. 172

Figura 6.2: Gráfico de evolución de las reclamaciones del retén AZ42575 por año fiscal. Pág. 172

Figura 6.3: Gráfico de evolución del coste debido a las reclamaciones del retén AZ42575 por año fiscal.	Pág. 173
Tabla 6.4: Resumen de los resultados esperados de las mejoras en proceso de implantación en JDISA.	Pág. 174
Figura 6.5: Logo ISO. [33]	Pág. 177
Figura 6.6: Portada del informe de auditoría de AENOR.	Pág. 178

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Capítulo 1: Introducción

Índice del Capítulo 1

1.1- Introducción	Pág. 16
1.2- Objetivos	Pág. 17
1.3- Estructura del documento	Pág. 19
1.4- Planificación del trabajo	Pág. 20

1.1- Introducción

Este proyecto nace de la oportunidad que me brindó la Universidad Carlos III de Madrid de poder realizar mis prácticas curriculares en John Deere Ibérica S.A. y de toda la ayuda y conocimientos proporcionados tanto por el departamento de Organización Industrial de la universidad como del departamento de calidad de la empresa.

En este trabajo se describe el entorno de la empresa John Deere, se expone la metodología empleada por el departamento de calidad, basada en el enfoque integrador como Gestión de la Calidad Total y el pensamiento Lean Manufacturing, se estudian detalladamente todos los procesos de gestión de la calidad de las cajas de transmisión a lo largo de toda su cadena de suministro, se resuelve un caso real de gestión de la calidad en reclamaciones postventa, se analizan y proponen una serie de mejoras relacionadas por un lado, con el caso real y por otro, con los procesos de gestión de la calidad y finalmente, se muestran los resultados de su implementación.

Además, este documento puede servir de manual de gestión de la calidad no solo para John Deere sino para cualquier empresa que se dedique a la producción industrial ya que muchos procesos no son internos únicamente a la compañía y los que sí lo son, se podrían implantar de la misma manera en otras organizaciones adecuándolos a sus características.

El desarrollo del proyecto está basado en mis conocimientos adquiridos por la universidad, los conocimientos adquiridos desde septiembre de 2017 trabajando en el departamento de calidad con la beca de prácticas, en mi experiencia del uso de la mayoría de los procesos de gestión de la calidad que se estudian en este trabajo, en la ayuda y percepción aportadas por mis tutores del proyecto, tanto por la universidad como por la empresa, y por último, en las referencias bibliográficas indicadas al final del proyecto.

1.2- Objetivos

En este apartado, se podrá diferenciar entre los objetivos personales que mediante la realización de este proyecto se quieren cumplir y los objetivos que el proyecto pretende alcanzar.

- **Objetivos personales:**

- Realización del Trabajo Fin de Grado en una multinacional de gran prestigio, líder en la venta de maquinaria agrícola, como es John Deere en la que se emplean la gran mayoría de los procesos de gestión de la calidad explicados a diario.
- La puesta en práctica de los conocimientos aprendidos en la universidad.
- Adquisición de experiencia profesional completa en una empresa tan grande y desarrollada.
- Desarrollo de las relaciones laborales a la hora de resolver un problema de calidad, tanto con personal de la fábrica como con personal de otras fábricas John Deere, pudiendo practicar también otros idiomas.
- Conocimiento detallado de un departamento de calidad y sus procesos, fundamental hoy en día en cualquier compañía.

- **Objetivos del proyecto:**

- Proporcionar una visión general de la compañía en la que se ha realizado el trabajo.
- Aportar conocimiento sobre la historia y evolución conceptual de los diferentes enfoques de la calidad, así como explicar los conceptos más importantes de la metodología Lean Manufacturing relacionados con la calidad.
- Llevar a cabo un estudio detallado de los procesos más significativos de gestión de la calidad a lo largo de toda la cadena de suministro de las cajas de transmisión, ya que es fundamental entender cada uno de los procesos a la perfección si se quieren analizar y mejorar.
- Aplicar algunos de esos procesos en un caso real de gestión de reclamaciones postventa.
- Analizar esos mismos procesos de una manera objetiva basándose en la experiencia aportada por la empresa y las auditorías internas.

- Proponer diferentes mejoras para solucionar el problema expuesto y analizado en el caso real y para solventar también los aspectos más negativos extraídos del análisis de los procesos de gestión de la calidad.
- Mostrar los resultados extraídos de la implementación de esas mejoras en el caso real de reclamaciones postventa y, asimismo, mostrar otros resultados hipotéticos que se obtendrían de la implantación de las mejoras en los procesos de gestión de la calidad de las cajas de transmisión.
- Exponer las regulaciones técnicas a las que está sometida la actuación en John Deere Ibérica.

1.3- Estructura del documento

Este Trabajo de Fin de Grado podría dividirse en cuatro bloques principales:

1. El primer bloque estaría compuesto por los capítulos 1 y 2. En este bloque se introduce el proyecto y la empresa en la que se desarrolla el trabajo.
2. El segundo bloque estaría compuesto por el capítulo 3. En este bloque se describen de una forma teórica tanto los principales aspectos de la metodología de trabajo utilizada en el departamento de calidad de John Deere Ibérica como los procesos de gestión de la calidad llevados a cabo en las cajas de transmisión.
3. El tercer bloque estaría compuesto por los capítulos 4 y 5. En este bloque se procede a la aplicación real de algunos de esos procesos en un caso práctico ejecutado en John Deere Ibérica y a las propuestas de mejoras para el mismo. Se procede también al análisis más práctico de los procesos de gestión de la calidad en la cadena de suministro de las cajas de transmisión y también a ciertas propuestas de mejora para estos.
4. El cuarto bloque estaría compuesto por el capítulo 6 y la Bibliografía del proyecto. En este bloque se presentan los resultados de las propuestas de mejora del bloque anterior. También se describen las regulaciones técnicas que sigue el departamento de calidad de John Deere (normas, etc.) y se extraen las conclusiones finales del proyecto. Por último, se citan las fuentes en las que se basan ciertas partes del proyecto.

1.4- Planificación del trabajo

En septiembre de 2017 comienza mi periodo de prácticas en el departamento de calidad de John Deere Ibérica y con ello, mi formación en los procesos de gestión de la calidad. En noviembre de 2017 es cuando decido finalmente, junto a mi tutor por la universidad y mi tutor por la empresa, comenzar el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado.



Figura 1.1: Línea temporal de la realización del Trabajo Fin de Grado.

Desde el comienzo de mis prácticas en John Deere Ibérica hasta finales de noviembre, aproximadamente, es la etapa en la que adquiero todos los conocimientos sobre los procesos de la gestión de la calidad en JDISA.

La línea naranja de la figura muestra el periodo en que yo estuve presente en el desarrollo del caso real de gestión de la calidad mostrado en este proyecto, analizando las causas raíces junto a los ingenieros de calidad y aportando, entre todos, diferentes propuestas de mejora.

Durante el periodo de redacción del proyecto, tuve reuniones periódicas con mi tutor por la empresa, actual gerente del área de OFP del departamento de calidad en las que íbamos analizando el impacto de las mejoras propuestas en el caso real e iba transmitiéndome su perspectiva acerca del resto de aspectos a tratar en este trabajo.

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Capítulo 2: **Breve descripción de John** **Deere y su entorno**

Índice del Capítulo 2

2.1- Introducción a la empresa John Deere	Pág. 23
2.1.1- <i>Divisiones empresariales</i>	<i>Pág. 24</i>
2.2- John Deere Ibérica S.A.	Pág. 25
2.3- Productos	Pág. 26
2.3.1- <i>Minifábrica de Cajas Pesadas de Transmisión</i>	<i>Pág. 26</i>
2.3.2- <i>Minifábrica de Cajas Ligeras de Transmisión</i>	<i>Pág. 27</i>
2.3.3- <i>Minifábrica de Mandos Finales</i>	<i>Pág. 27</i>
2.3.4- <i>Minifábrica de Ejes y Engranajes</i>	<i>Pág. 27</i>
2.4- Organización	Pág. 28
2.5- Entorno de la empresa	Pág. 29
2.6- Estrategia o análisis DAFO	Pág. 30

2.1- Introducción a la empresa John Deere

John Deere S.A. fue fundada por John Deere, un herrero norteamericano que en el año 1837 decidió emigrar al oeste de Estados Unidos para establecer su primera fábrica de arados en Moline (Illinois, EE.UU.).

Hoy en día, Deere & Company es el primer fabricante mundial de maquinaria agrícola y de equipos para espacios verdes, además de uno de los principales productores de maquinaria para construcción, obras públicas y explotaciones forestales. Adicionalmente, John Deere también ofrece servicios financieros a sus clientes y apuesta por la innovación y el desarrollo de nuevos equipos más eficientes.

Los tres pilares que han sido la base firme sobre la que se ha gestado el desarrollo de Deere & Company en sus más de 180 años de historia han sido la perseverancia en el desarrollo de nuevos productos, el esfuerzo por satisfacer las necesidades de los clientes y la continua búsqueda del máximo nivel de calidad.

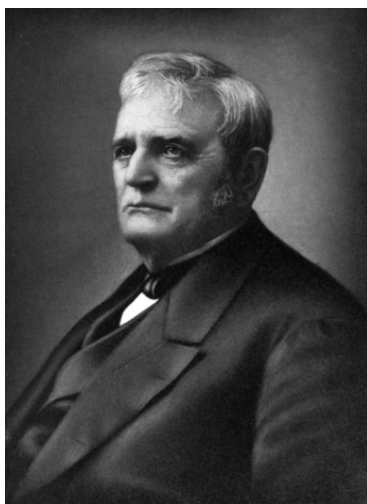


Figura 2.1: Retrato de John Deere. [1]

Actualmente John Deere se encuentra presente en más de 160 países en los cinco continentes, proporcionando empleo directo a más de 45.000 personas. Además, dispone de una red de más de 60 fábricas, centros de producción e ingeniería, y más de 5.000 concesionarios para dar servicio a sus clientes repartidos por toda la geografía mundial.



Figura 2.2: Mapa de las instalaciones de John Deere por todo el mundo. [2]

2.1.1- Divisiones empresariales

Como se ha mencionado anteriormente, John Deere es una empresa altamente diversificada con la siguiente clasificación de divisiones de negocio:

- División Agrícola y Espacios Verdes o Ag & Turf.

Esta división supone alrededor del 71% de la producción. Los principales productos se bifurcan en dos grupos: dentro de la sección de maquinaria agrícola, los tractores y las cosechadoras; y dentro de la sección de espacios verdes, los minitractores o vehículos de uso doméstico.

- División de Construcción y Espacios Forestales o C & F.

Esta división ocupa cerca del 12% de la producción de la compañía. Aquí se pueden encontrar productos como camiones articulados o excavadoras dentro de la parte de construcción y arrastradores o transportadores de troncos en la parte de espacios forestales.

- División de Motor o John Deere Power System.

Esta división representa aproximadamente el 9% de la producción de la compañía. Está dedicada al diseño y montaje de motores. Estos motores son tanto para el uso de los vehículos John Deere como para la venta al exterior directa.

- División financiera o John Deere Credit.

Esta es la división estratégica de Deere & Company que se dedica a financiar a clientes de la compañía cuando desean adquirir algún producto John Deere.

2.2- John Deere Ibérica S.A.

El inicio de la expansión de Deere & Co se da a partir de 1950. Aquí comienza la historia de John Deere Ibérica S.A., cuando se produjo la adquisición de las instalaciones de la fábrica en la que se producían los tractores Lanz Ibérica en Getafe, Madrid.

John Deere Ibérica S.A. se compone de la planta de producción de Getafe y del Centro Integral de Formación y Marketing de Parla, donde se encuentra la Unidad Comercial de John Deere Ibérica, que se encarga de la distribución de maquinaria agrícola en España y Portugal y de equipos para espacios verdes en España.

Actualmente, JDISA produce únicamente cajas de transmisión y otros componentes para el posterior montaje de los tractores, cosechadoras, etc. que se fabrican en el resto de fábricas Deere & Company del resto del mundo.

La fábrica de JDISA, está formada por cuatro minifábricas, cada una de las cuales está especializada en una determinada familia de productos, explicadas más exhaustivamente en el punto 2.3.

2.3- Productos

En un principio, JDISA (John Deere Ibérica S.A.) se dedicaba a la producción de tractores, produciendo a lo largo de los años diferentes series de tractores John Deere que podemos observar en la siguiente figura:

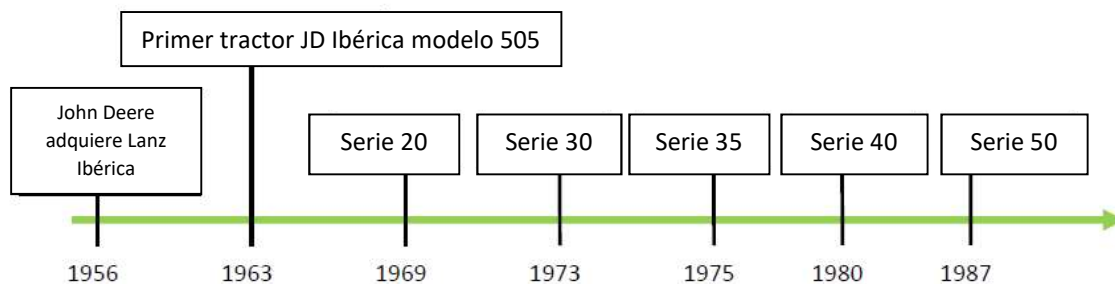


Figura 2.3: Evolución cronológica de los diferentes modelos de tractores de JDISA. [3]

A finales de los 80, se introdujo en la fábrica la producción de la primera caja de transmisión, y además de tractores, se comienzan a producir componentes para los demás vehículos de Deere & Company. Debido a la centralización de la producción de la nueva Serie 60 en la fábrica de Mannheim (Alemania) en 1992, la unidad de Getafe se acaba especializando únicamente en la fabricación de componentes para exportarlos al resto de fábricas de Deere & Co en el resto del mundo.

Distinguimos entre cuatro tipos o familias de productos que a su vez establecen la división de las minifábricas de la planta de fabricación de John Deere Ibérica:

2.3.1- Minifábrica de Cajas Pesadas de Transmisión

Se les da el nombre de Cajas Pesadas porque pesan más de 100 Kg. Los equipos donde se incorporan estos elementos son: cosechadoras de grano, de algodón y forraje.

Las cajas de transmisión producidas en esta minifábrica suelen ir integradas en cosechadoras producidas en Harvester y Des Moines (EE.UU.), Zweibrücken (Alemania) y Horizontina (Brasil). Los nombres por los que se conoce a las cajas pesadas de transmisión en John Deere ibérica son: Main PTO, Prodrive, la caja de transmisión Tres velocidades y la Cinco velocidades. Estas transmisiones van situadas en el interior de la máquina agrícola y su función es aportar movimiento a los mecanismos que se encargan de las funciones principales de la cosechadora, como pueden ser el movimiento de las ruedas o la separación del grano.

Esta minifábrica se compone de cuatro líneas de montaje, una línea de pintura y embalaje y de cinco células de mecanizado en la que, mayoritariamente, se mecanizan las carcasas utilizadas en estas cajas de transmisión.

2.3.2- Minifábrica de Cajas Ligeras de Transmisión

Se les da el nombre de Cajas Ligeras porque suelen pesar menos de 100 Kg. Estas cajas van ensambladas en cosechadoras de grano y maíz, empacadoras, tractores y maquinaria de siega. Los destinos de estas transmisiones suelen ser mayoritariamente John Deere Harvester (EE.UU.) y John Deere Horizontina (Brasil).

Los nombres que se le dan a las cajas ligeras de transmisión producidas en JDISA son: Row Unit, Chopper, Knife Drive, la caja de transmisión Dos velocidades, Loading, Unloading y Picking Unit.

Esta minifábrica se compone de cinco líneas de montaje (en una se ensamblan Loading, Unloading y Picking Unit ya que sus características son muy similares) y de una célula de mecanizado.

2.3.3- Minifábrica de Mandos Finales

El mando final es el último grupo de engranajes del vehículo y su principal función es transformar la velocidad del motor en un par de fuerza que sea capaz de soportar y transportar todo el peso de la cosechadora o máquina agrícola y su carga.

Las cosechadoras en las que van integradas los mandos finales de transmisión producidos en John Deere Ibérica se utilizan para los siguientes cultivos: cereales (maíz, trigo y cebada), forraje y algodón. Estos mandos son principalmente exportados a las fábricas John Deere de Harvester y Des Moines (EEUU) y a Mannheim y Zweibrücken (Alemania).

Esta minifábrica consta de diez líneas de montaje, una de pintura y embalaje, cuatro robots de soldadura y tres células de mecanizado para los componentes que van integrados en los mandos finales.

2.3.4- Minifábrica de Ejes y Engranajes

La minifábrica de Ejes y Engranajes es la encargada de producir piezas que más tarde se ensamblarán en cajas de transmisión que fabrica JDISA o en los vehículos agrícolas del resto de fábricas John Deere de todo el mundo. Consta de cuatro módulos: Engranajes del Motor, Engranajes de la Transmisión, Ejes y Coronas y Tratamientos Térmicos. Las principales fábricas clientes de los ejes y engranajes producidos en JDISA son Engine Works Waterloo (EE.UU.), Saran (Francia) y Torreón (México).

En primer lugar, se mecanizan las piezas (forjadas) en máquinas como tornos, fresadoras, afeitadoras o talladoras. Después, las piezas son trasladadas a la zona de tratamiento térmico, donde se trata el acero de las piezas con la finalidad de que adquiera propiedades mecánicas de resistencia y tenacidad entre otras. Estos tratamientos térmicos se producen en hornos que son capaces de calentar el acero por encima de los 1000 °C. A continuación, se rectifican las piezas para dotarlas del acabado requerido por los clientes.

2.4- Organización

La estructura organizativa de John Deere Ibérica se apoya en un sistema de producción especializado dividido en minifábricas en las que la ingeniería de producción y de calidad y las actividades de compras y de planificación son propias.

En el siguiente organigrama, se puede apreciar cómo, aunque las funciones de cada departamento estén especializadas según la minifábrica, a su vez están todas controladas por un director de la organización responsable de cada función de cada minifábrica. Por ejemplo, aunque haya un ingeniero de calidad en cada minifábrica, el director de calidad es responsable de las actividades de calidad ejecutadas en todas las minifábricas, así como de las actividades llevadas a cabo en los departamentos de PDP, SQA y Medición y Verificación que, aunque no estén representados en el organigrama, se hablará con más detalle de ellos más adelante



Figura 2.4: Organigrama John Deere Ibérica.

2.5- Entorno de la empresa

El sector en el que opera John Deere es el sector secundario y dentro de este, en el sector industrial. Sin embargo, el sector al que provee sus bienes es el sector primario, y dentro de este, el agrícola.

La maquinaria agrícola, desde su inicio, ha jugado un papel fundamental en el sector agrícola a pesar de los cambios que ha ido experimentando a lo largo del tiempo. Actualmente, las principales empresas de maquinaria agrícola ofrecen diferentes tipos de maquinaria con la finalidad de adaptarse a las necesidades del trabajador agrícola.

Refiriéndonos al mercado en el que entra Deere & Company tenemos:

- Desde el punto de vista **geográfico**, John Deere se encuentra en un tipo de mercado internacional.
- Según el **tipo de cliente**, esta empresa entra en el mercado del productor o industrial. Sin embargo, el tipo de cliente de John Deere Ibérica es interno, puesto que vende a otras fábricas de la misma entidad.
- De acuerdo con el tipo de **competencia**, entraría en el mercado de competencia imperfecta. Siendo sus principales competidores CNH (que engloba a las marcas New Holland y Case IH) y AGCO (que engloba a las marcas Massey Ferguson, Fendt, Valtra y Challenger). También le siguen otros grupos como Claas, ARGO, etc.
- Refiriéndonos al tipo de **producto**, podemos decir que John Deere está en el mercado de productos o bienes.
- Y finalmente, según el tipo de **recurso**, la empresa estaría dentro del mercado de fuerza de trabajo.

2.6- Análisis DAFO

Un análisis DAFO es el método más eficaz y sencillo para decidir sobre el futuro de una compañía, ya que plantea acciones que se deberían poner en marcha para aprovechar las oportunidades detectadas y prepara la organización contra las amenazas, teniendo en cuenta las debilidades y fortalezas de la misma.

El objetivo de un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) es encontrar los factores estratégicos críticos de una empresa, para una vez identificados, consolidar las fortalezas, minimizar las debilidades, aprovechar las ventajas de las oportunidades y eliminar o reducir las amenazas.

Entonces, se puede distinguir entre un análisis interno y externo de la organización:

- Interno: fortalezas y debilidades.
- Externo: oportunidades y amenazas.

Matriz DAFO		
Análisis interno	Fortalezas	Debilidades
	-Fabricante líder en todo el mundo de equipos agrícolas. -Fábricas muy automatizadas. -Calidad, integridad e innovación como valores fundamentales. -Estructura de diseño propia, a diferencia de otras compañías que fabrican diseños comunes. -Eficiencia muy competitiva en la recogida de producto.	-Imposición a sus clientes del servicio técnico exclusivo de sus productos, gracias al sistema informático que utiliza JD. -La competencia ofrece alternativas con un precio menor a pesar de la ventaja competitiva en la eficiencia y consumo de gasolina. -Expansión de fábricas John Deere en India y China, lo cual crea un riesgo de copias de patentes.
Análisis externo	Oportunidades	Amenazas
	-Gran diversidad de productos. -Crecimiento demográfico. -Automatización en la agricultura en países no primermundistas (sustitución de recursos humanos). -Renovación en infraestructuras con el crecimiento económico puesto que John Deere también hace equipos para construcción. -Posibilidad de mejora en la eficiencia de la recogida del grano de distintos países.	-Debido al cambio climático, se da un nuevo comportamiento de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos. -También, debido al cambio climático, se crea una necesidad de compensar la falta de frío durante la etapa de cuajado de fruto de los cultivos, entre otros aspectos. -La competencia cuenta con una mayor eficiencia de recogida de grano en la actualidad, de aquí surge la oportunidad de la mejora de la eficiencia anterior.

Tabla 2.5: Análisis DAFO John Deere Ibérica.

Una vez identificadas las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la empresa, es posible definir la estrategia. Existen distintos tipos de estrategia empresariales:

- **Defensiva:** se usaría en caso de que la organización estuviese preparada para enfrentarse a las amenazas o en caso de que su producto ya no se considerase líder, buscando destacar lo que le diferencia de la competencia.
- **Ofensiva:** la compañía sigue una estrategia de crecimiento, cuando las fortalezas son reconocidas por sus clientes, siendo así posible atacar a la competencia.
- **Supervivencia:** trata de que la organización se enfrente a las amenazas externas sin disponer de las fortalezas necesarias para hacer frente a la competencia.
- **Reorientación:** consiste en el cambio de política o de producto debido a la aparición de nuevas oportunidades que se pueden aprovechar, en el caso de que la organización carezca de la preparación adecuada.

En el caso de John Deere, si estrategia principal se basa en marcar la diferencia en la calidad y la innovación respecto a sus competidores pudiendo así subir el precio de sus productos con respecto a la competencia. Estaríamos entonces ante un tipo de estrategia ofensiva.

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Capítulo 3: Descripción detallada del funcionamiento de los procesos de gestión de la calidad de las cajas de transmisión

Índice del Capítulo 3

3.1- Introducción a los procesos de gestión de la calidad	Pág. 35
3.1.1- <i>¿Qué es la calidad?</i>	Pág. 35
3.1.2- <i>Evolución del concepto de la calidad</i>	Pág. 37
3.1.3- <i>Distintos enfoques de la gestión de la calidad</i>	Pág. 37
3.2- Lean Manufacturing y la gestión de la calidad de cajas de transmisión	Pág. 45
3.2.1- <i>La cadena de suministro</i>	Pág. 46
3.2.2- <i>Herramientas Lean</i>	Pág. 46
3.2.2.1- <i>TPM (Total Productive Maintenance)</i>	Pág. 46
3.2.2.2- <i>5Ss</i>	Pág. 48
3.2.2.3- <i>Kaizen (Mejora Continua)</i>	Pág. 49
3.2.2.4- <i>Poka Yoke</i>	Pág. 51
3.2.2.5- <i>Six Sigma</i>	Pág. 54
3.3- Departamentos encargados de la gestión de la calidad en JDISA	Pág. 56
3.3.1- <i>OFP</i>	Pág. 56
3.3.2- <i>PDP</i>	Pág. 57
3.3.3- <i>SQA</i>	Pág. 58
3.3.4- <i>Medición y verificación</i>	Pág. 59
3.4 DPS	Pág. 61
3.4.1- <i>DPQS</i>	Pág. 64
3.5- Procesos de gestión de la calidad de las cajas de transmisión	Pág. 66
3.5.1- <i>Fase de validación de productos nuevos</i>	Pág. 66
3.5.1.1- <i>DFMEA</i>	Pág. 66
3.5.1.2- <i>PFMEA</i>	Pág. 72
3.5.1.3- <i>Plan de control</i>	Pág. 74
3.5.1.4- <i>DPAR</i>	Pág. 76
3.5.2- <i>Fase de proceso de producción</i>	Pág. 80
3.5.2.1- <i>Actuación ante elementos críticos de montaje</i>	Pág. 80



3.5.2.2- Política de no avanzar material defectuoso	Pág. 84
3.5.2.3- Auditorías volantes	Pág. 85
3.5.2.4- SPC	Pág. 87
3.5.2.5- Trazabilidad	Pág. 90
3.5.2.6- Acciones preventivas	Pág. 92
3.5.2.7- Acciones de contención	Pág. 94
3.5.2.8- Acciones correctivas	Pág. 98
3.5.3- Fase de producto	Pág. 99
3.5.3.1- Inspecciones	Pág. 99
3.5.3.2- Repetibilidad y Reproductibilidad de calibres (GR&R)	Pág. 103
3.5.3.3- DOE	Pág. 105
3.5.3.4- Estudio de capacidad de un proceso	Pág. 108
3.5.3.5- Auditorías de producto	Pág. 109
3.5.3.6- Scrap	Pág. 110
3.5.4- Fase de gestión de reclamaciones postventa	Pág. 110
3.5.4.1- Gestión de reclamaciones directas de cliente	Pág. 110
3.5.4.2- Gestión de reclamaciones de garantías	Pág. 114
3.5.4.3- Gestión 8D	Pág. 116

3.1- Introducción a los procesos de gestión de la calidad

En el siguiente capítulo se analizará en profundidad el concepto de la calidad, se hablará de la metodología Lean Manufacturing y algunas de sus herramientas y, posteriormente, se describirán detalladamente los procesos para gestionar la calidad en John Deere Ibérica, ya que para analizar y mejorar un proceso es preciso entenderlo como es debido previamente.

Un proceso encargado de gestionar la calidad es un conjunto de operaciones que tienen como objetivo asegurar que todos los procesos de producción se llevan a cabo adecuadamente para que el flujo de calidad sea continuo y llegue hasta el final.

El incremento de la competitividad en el sector agrícola en los últimos años ha hecho necesaria la aparición de este tipo de procesos. La gestión de la calidad está presente en la estrategia corporativa y de operaciones de JDISA, en cada área funcional y en cada proceso directivo o de organización de la empresa.

La gestión de la calidad pasa por múltiples etapas a la hora de fabricar una caja de transmisión, desde procesos muy sencillos y básicos hasta procesos complejos y elaborados.

3.1.1- ¿Qué es la calidad?

La calidad es darle al cliente lo que espera, incluyendo fiabilidad, aspecto, plazo de entrega, coste, etc. La calidad es, por tanto, un valor intrínseco al producto y un factor determinante para seguir siendo competitivo.

Todas las personas pertenecientes a la organización son responsables de la calidad del producto final por lo que cualquier operación debería estar destinada a añadir valor a cada pieza que compone dicho producto final. Normalmente, el éxito final depende del grado de profesionalidad de cada persona que forma parte de la cadena de suministro que conforma los productos.

En gran parte de los casos, basta con aplicar el sentido común y regirse por una serie de normas sencillas como pueden ser:

- Mantener orden y limpieza: el desorden puede llevar a errores de montaje o incluso de seguridad y la falta de limpieza da lugar a que virutas o cuerpos extraños puedan afectar a la funcionalidad de las piezas.
- Utilizar los útiles y herramientas correspondientes: ningún atributo es elegido al azar, todas las características de un útil tienen su razón de ser y deben ser utilizados cuando sea especificado.
- Seguir estrictamente los procesos establecidos paso a paso: la funcionalidad de una pieza está determinada de forma crítica por su montaje correcto, por tanto, se deben seguir todos los procesos desarrollados por los profesionales que conocen qué requisitos y qué secuencias son los más adecuados para el montaje.

- Conocer bien el proceso y el producto con el que se trabaja.

Si se fabrica siguiendo estas consignas, es muy difícil que acabe llegando al cliente un problema de calidad, sin embargo, hay casos en los que puede ocurrir. Debido a esto existen distintos procesos de gestión de la calidad en John Deere Ibérica que están destinados a no dejar que ninguna caja de transmisión salga de fábrica con un problema de calidad, o en su defecto, a solucionar cualquier problema de calidad que le haya podido llegar al cliente.

Llegue el fallo a cliente o no, el primer paso siempre ante una falta de calidad será el análisis de la causa raíz. En el análisis de la causa raíz, lo primero será la definición del problema y el siguiente paso será la búsqueda de las causas que han conducido al fallo.

Análisis de Causa Raíz

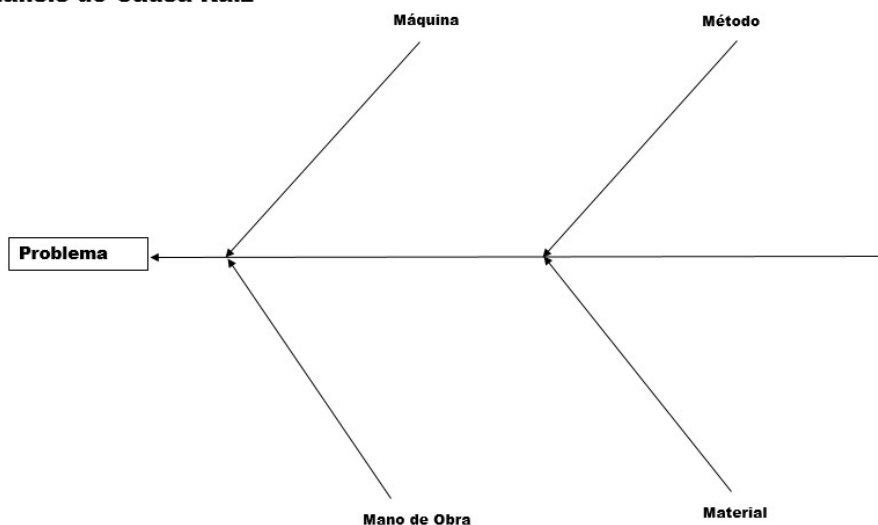


Figura 3.1: Posibles causas de un problema de calidad.

Como se puede apreciar en el esquema, al analizar la causa raíz de un defecto, debemos pensar en las posibles causas de origen del mismo, las cuales pueden ser debidas a la máquina, al método de producción, a la mano de obra o a causa del material empleado en la fabricación del producto.

Además, en John Deere se usan otras muchas herramientas para la determinación de la causa raíz de los problemas de calidad como, por ejemplo, el “Is-Is not template”:

PROBLEM STATEMENT:			
	IS	IS NOT	DIFFERENCES AND CHANGES (POSSIBLE ROOT CAUSES)
WHAT?			
WHERE?			
WHEN?			
WHO?			
HOW?			
HOW MUCH?			

Figura 3.2: Is-Is not template John Deere. [4]

En él se hacen una serie de preguntas a las que se debe responder para obtener la información mínima necesaria para poder llevar a cabo el análisis de la causa raíz. Debe determinarse con claridad qué ha sido o cómo ha sido y cómo no, así como los cambios o diferencias con respecto a los procesos habituales.

3.1.2- Evolución del concepto de la calidad

La calidad no siempre ha sido considerada tal y como se ha expuesto en el punto anterior, el concepto de la calidad ha ido evolucionando a lo largo del tiempo debido a diferentes motivos como pueden ser cambios de los sistemas productivos o debido también a cambios en los mercados y en la actitud de los clientes.

En una primera instancia, se consideraba de calidad a todo aquello que alcanzaba un “grado de conformidad con unas especificaciones”. Conforme a esta definición de la calidad, únicamente se debían definir claramente las exigencias que debía cumplir el producto y ceñirse a las mismas a la hora de llevar a cabo el proceso de producción.

Años más tarde, se empieza a definir la calidad como la “aptitud para el uso”, es decir, se puede decir que un producto es de calidad en el caso de que cumpla correctamente cada una de las funciones para las que ha sido creado.

Posteriormente, se empieza a ser consciente de que los dos enfoques anteriores de la calidad no son suficientes para definir la calidad de un producto. Esto surge debido a los cambios continuos en la demanda y las expectativas de los clientes, haciendo de este modo la percepción del valor del cliente prioritaria. Por tanto, actualmente se entiende la calidad como la “satisfacción del cliente”. Este último concepto de la calidad es por el que actualmente se rigen la gran mayoría de compañías dedicadas a la producción, incluida John Deere.

3.1.3- Distintos enfoques de la gestión de la calidad

No existe solo una manera o enfoque de gestionar la calidad, sino que existen múltiples enfoques que a lo largo de los años se han ido complementando y modificando con el fin de adaptarse a cada situación en cada momento. Estos enfoques se diferencian en las técnicas y principios en los que se basan y, por tanto, también en sus actividades o prácticas.

1. Enfoque de la inspección

La inspección de un producto se define como *“la acción de medir, examinar, ensayar o verificar una o varias características de un producto o servicio y de compararlas con los requisitos especificados con el fin de establecer su conformidad”* según la norma ISO 8402 (UNE 66-001). Se puede apreciar de la definición, que este enfoque está basado en el concepto de la calidad que se conformaba con el cumplimiento de las especificaciones.

En definitiva, el fin último de la inspección es evitar que productos con una mala calidad lleguen al cliente final mediante la exclusión de las piezas que no se ajusten debidamente a las especificaciones.



Figura 3.3: Esquema del proceso de la inspección. [5]

Como se puede observar en el esquema, el proceso de inspección es en el que se decide si el producto llega a los clientes o no. Esta decisión se toma en base a la comprobación que el departamento correspondiente lleva a cabo. Esta comprobación puede ir del caso más sencillo como, por ejemplo, una comprobación visual, al caso más complicado.

En el caso de que se dé con una pieza defectuosa, dependiendo el defecto y su grado de severidad, se procede a reprocesar dicha pieza o a desecharla directamente. En caso de que se reprocese, deberá pasar de nuevo por el proceso de inspección para decidir si es apta o no para llegar a manos del cliente.

En cualquier caso, la detección de un defecto en el proceso de inspección es una garantía de calidad imperfecta:

- La inspección no añade ningún tipo de valor al producto.
- En caso de que las especificaciones no estén clara y uniformemente definidas, el proceso de inspección pasa a ser muy subjetivo.
- La inspección no garantiza al 100% que se vaya a detectar el defecto, ya que no es una técnica perfecta, también depende del factor humano en muchos casos.

- La inspección, por mucho que detecte el defecto, no garantiza que ya no se vuelva a producir, puesto que no influye en el proceso productivo de la pieza.

Por tanto, el enfoque de la inspección deberá combinarse con otros para que su uso resulte eficaz y concluyente.

2. Enfoque del control estadístico de la calidad

El Control Estadístico de la Calidad (CEC) mantiene la inspección como parte de las funciones que se llevan a cabo en el departamento de calidad con el fin de aportar información sobre anomalías al Control Estadístico de los Procesos (CEP) o más conocido en John Deere Ibérica como Statistic Process Control (SPC). Este enfoque está especialmente relacionado con el enfoque Six Sigma de la metodología Lean Manufacturing, que será expuesto en mayor profundidad más adelante en este mismo capítulo.

SPC tiene como objetivo supervisar el funcionamiento del proceso en las mejores condiciones posibles y descubrir las causas que provocan variabilidad para, posteriormente, intentar controlarlas con la finalidad de alcanzar un proceso estable y capaz y, en consecuencia, elaborar productos no defectuosos.

Este enfoque está basado también en la conformidad de las especificaciones como concepto de la calidad, y esta conformidad se alcanza asegurando la uniformidad de los procesos, ya que son las variaciones las que provocan el no cumplimiento de los requisitos ya establecidos. Por tanto, SPC también ha de encontrar el rango de variación natural de un proceso y asegurar que la medida correspondiente no salga del mismo.

Las variaciones de los procesos pueden deberse a influencias tanto internas como externas al proceso que afecten al trabajador, a los materiales, a las instalaciones, etc. Además, las causas de estas variaciones pueden ser comunes o no comunes, y están explicadas en el apartado Six Sigma de este capítulo más adelante.

Una vez son definidas y clasificadas las posibles fuentes de variación, se procede a analizar el proceso mediante una serie de herramientas estadísticas con el fin de llegar a conclusiones óptimas para una mejor gestión de la calidad.

Aunque este enfoque consigue introducirse más (con la colaboración del enfoque de la inspección, ya que actúan en conjunto) en el proceso productivo, no deja de ser un enfoque que tampoco puede detectar algunos problemas, como materiales mal seleccionados, diseño erróneo, etc. Esto es porque la calidad sigue dependiendo del departamento de producción, ya que son los que siguen definiendo los procesos, y este enfoque no detecta que el proceso en sí o el material usado pueda no ser el adecuado.

3. Enfoque del aseguramiento de la calidad

En este enfoque se parte de las necesidades del cliente como especificación primera que han de cumplir todos los productos finales, ya que la satisfacción del cliente es un elemento clave del enfoque del aseguramiento de la calidad o también conocido como Control de Calidad Total (CCT).

Para que un producto llegue a satisfacer esas necesidades de los clientes, la organización debe asegurar la aptitud y fiabilidad del mismo. Estas características se pueden garantizar por medio del desarrollo de tareas básicas y elementales en cada uno de los procesos y también midiendo la calidad funcional de los mismos.

Por tanto, el producto debe ser diseñado y gestionado para que el cliente lo considere de valor. Para ello, todos los departamentos de la empresa deben colaborar y coordinarse lo mejor posible con el fin de establecer una comunicación fluida entre ellos. Esta coordinación interdepartamental debe darse desde las primeras fases de diseño para asegurar que se introduce la calidad desde ese momento.

En este modelo, el departamento que se encarga de la gestión de la calidad tiene como principal objetivo alinear los servicios prestados a los clientes (tanto el producto como todo lo que hay detrás de él: garantías, atención al cliente, etc.) con lo que realmente demanda el cliente. Para alcanzar esa meta son múltiples las actividades que se llevan a cabo:

- Planificación y organización de la incorporación de la calidad al desarrollo de productos desde la idea inicial de un producto hasta que se finaliza el proceso de fabricación mediante pruebas piloto, tanto al producto como a los procesos, anteriores al lanzamiento del producto al mercado.
- Controles de calidad a todos los componentes de la cadena de suministro y a todos los miembros y departamentos de la compañía.
- Proporcionar al cliente las debidas garantías de que el producto que está comprando, cuenta con todos los factores de calidad requeridos.

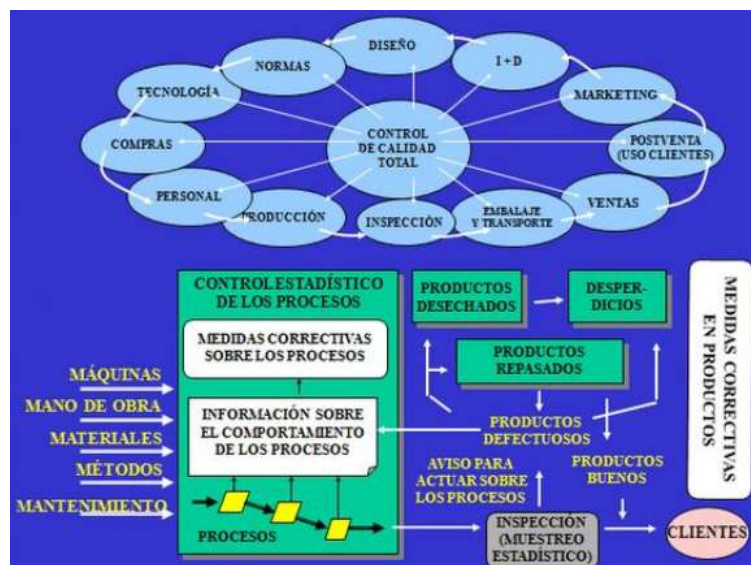


Figura 3.4: Enfoques de inspección y de control estadístico actuando en común. [6]

Como se puede apreciar en la figura, los diferentes enfoques se van acumulando. El enfoque del control estadístico de la calidad recoge al de inspección y el de aseguración de la calidad total agrupa a ambos bajo la actuación de todos los departamentos de la organización en común. En

este enfoque se mejora respecto al del control estadístico de la calidad por medio de los siguientes factores:

- **Orientación apoyándose en el cliente:** se busca cumplir con las expectativas que demanda el cliente, por tanto, se introduce la opinión y criterio del mismo desde el principio para identificar con claridad las especificaciones con las que se tendrá que llevar a cabo el proceso productivo.
- **Actitud basada en la prevención:** no se trata de fabricar calidad, si no de fabricar con calidad desde el minuto cero. Esto se consigue mediante una mayor inversión en mejoras de la calidad en las primeras etapas del proceso que en controles de calidad a posteriori.
- **Énfasis en la mejora continua:** sin caer en el despilfarro, es decir, se busca mejorar los procesos continuamente mediante la estandarización de las buenas prácticas.
- **Control total de la calidad:** el control de la calidad debe ir más allá del proceso de producción, debe comenzar en la fase de prefabricación (diseño y prototipos) y acabar en la post-fabricación (transporte, entrega, gestión de reclamaciones y garantías) ya que se quiere garantizar la calidad en todo el servicio proporcionado y no solo en lo fisco.
- **Compromiso de la dirección:** en este modelo, la dirección general de la organización toma conciencia de la calidad como cualidad inherente a la compañía y principal impulsora de prosperidad. El apoyo de esta parte tan importante es fundamental para conseguir hacer de la mejora continua de la calidad un hábito en la organización.
- **Compromiso de los operarios:** al igual que es clave la implicación de los altos cargos de una compañía en la gestión de la calidad, también lo es el compromiso de las personas que se encargan de la fabricación de los productos, pues estas son las personas que fabrican con calidad mientras que los cargos directivos como mucho pueden hacer funciones de supervisión y control.

Mediante este modelo se busca concienciar de la importancia de hacer las cosas como deben ser hechas, sin defectos y a la primera a todas las personas involucradas en la creación de valor para el cliente. Para ayudar a asentar los nuevos conceptos, el departamento de calidad lleva a cabo una serie de actividades como pueden ser planes de control y mejora, estandarización de procesos, auditorías tanto de proceso como de producto, etc.

4. Enfoque japonés o CWQC

La base de este enfoque está en el del aseguramiento de la calidad total. CWQC (Company Wide Quality Control) desarrolla en Japón las ideas fundamentales del enfoque anterior de una forma más madura. Las diferencias más significativas entre los dos modelos se dan en:

1. La mejora continua se da a través de las personas y de la fomentación del trabajo en equipo a diferencia de la individualización que persistía en el enfoque occidental.

2. Las ideas planteadas en EEUU con el modelo de aseguramiento de la calidad se desarrollan en Japón plenamente con gran intensidad y perseverancia.
3. Se innova en el diseño de productos y en la gestión de los procesos, sobre todo en la gestión de los recursos humanos.

Básicamente, la diferencia que pretenden hacer los japoneses es asegurar la calidad a bajo coste. La forma mediante la que se logra este objetivo es mediante el pensamiento Lean Manufacturing, del cual se hablará a continuación, cuya máxima es la eliminación de toda clase de gasto que no sea imprescindible y útil al proceso productivo.

Una vez vistos los cuatro enfoques, en la siguiente tabla se muestran las diferencias entre ellos más clara y resumidamente:

Enfoque:	Inspección	Control estadístico de la calidad	Aseguramiento de la calidad	Japonés o CWQC
Objetivo a alcanzar	Conformidad con especificaciones	Conformidad y unidad	Aptitud para el uso	Satisfacción del cliente
Dónde actúa	En el producto	En los procesos	En los sistemas de la organización	En los sistemas y las personas
Área departamental	Producción	Producción	Empresa completa	Cadena de Valor o de suministro
Carácter	Pasivo	Reactivo	Asegurador	Preventivo
Actividades	Verificación y muestreo	Métodos estadísticos	Programación efectiva de los sistemas	Ciclo PDCA (se verá más adelante)

Tabla 3.5: Resumen de las diferencias entre enfoques de la gestión de la calidad.

5. Enfoque integrador como Gestión de la Calidad Total

Este es seguramente, el enfoque más avanzado en cuanto a gestión de la calidad. Este modelo trata de aplicar un cambio en lo que es toda la estructura de la organización, implicando a su vez un cambio cultural en la forma de afrontar la calidad.

Este cambio surge de la necesidad de eliminar ciertas dificultades que encontrábamos en los enfoques anteriores como pueden ser:

- Enfoques demasiado humanos o técnicos y centrados de forma excesiva en los niveles inferiores jerárquicos.
- Estructuras organizativas poco convenientes para las nuevas exigencias de calidad que van cambiando con el paso del tiempo.

- Insuficiente prioridad dada a los procesos de mejora de la calidad, ya que las preceden normalmente actividades de producción.
- Marginación de algunas divisiones importantes a la hora de gestionar la calidad como, por ejemplo, la eficacia en el mercado ya que se cuida escasamente la satisfacción del cliente en todos y cada uno de los servicios por los que pasa desde que hace el pedido hasta que se le entrega e incluso después de entregársele (garantías, servicio técnico, etc.).

El cambio en los sistemas de la organización que este enfoque exige implica coordinar y alinear debidamente una serie de conceptos clave:

1. **Misión:** define el motivo de la existencia de la empresa y debe estar correctamente definida ya que, de esta manera, se obtiene un mayor compromiso por parte de los miembros pertenecientes a la compañía.
2. **Objetivos:** se trata de las metas que la compañía tiene intención de conseguir a medio-corto plazo dentro del marco de la misión.
3. **Estrategia:** es el plan de acción mediante el cual se pretenden alcanzar los objetivos y la misión.
4. **Cultura:** son los valores y normas que orientan la forma de trabajar de las personas y departamentos.
5. **Estructura:** define la relación interdepartamental de la organización y las responsabilidades de cada empleado en la misma.

Desde este enfoque integrador, se quiere comprometer a todo el personal de la organización trabajando en común para llevar a cabo todas las prácticas de calidad definidas en los enfoques anteriores con el objetivo de crear valor para todos y cada uno de los componentes de la cadena de suministro y hacerla así de Valor. Mediante el alcance de este fin también se logran grandes ventajas competitivas y logros a corto plazo que permiten mantener los establecidos a largo plazo.

Los valores principales que definen entonces a este modelo son: la orientación estratégica a la creación de valor, el compromiso de la dirección de la empresa, orientación principalmente hacia las personas, a la cooperación entre ellas y al aprendizaje de las mismas.

La Gestión de la Calidad Total es, por decirlo de alguna manera, la respuesta occidental al enfoque japonés CWQC. Establece ciertas mejoras, como la cooperación entre los departamentos de calidad y de producción. Además, se tratan en este enfoque con respecto al anterior más profundamente ciertos procesos como los sistemas de información o la gestión de los recursos humanos entre muchos otros.

Aunque los modelos vistos tengan diferencias tan significativas entre sí, cada uno recoge buena parte de las características del anterior, con el fin de abarcar el mayor nivel de la calidad posible.

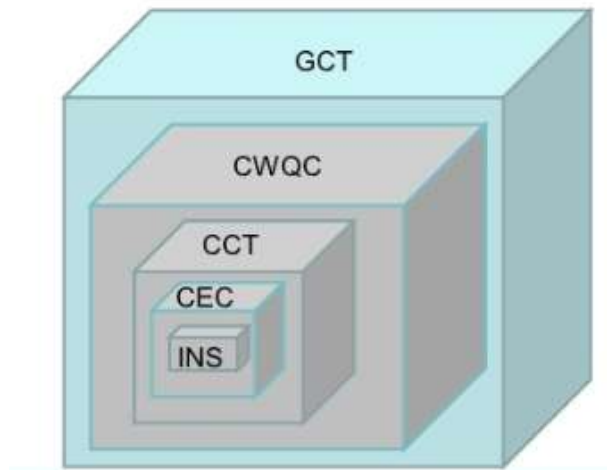


Figura 3.6: Integración de todos los enfoques en uno solo, el enfoque integrador de Gestión de la Calidad Total. [7]

3.2- Lean Manufacturing y la gestión de la calidad de cajas de transmisión

La gran mayoría de los procesos de producción de las cajas de transmisión en John Deere Ibérica siguen la metodología Lean Manufacturing, la cual tiene como prioridad absoluta fabricar con calidad y dotar de valor a todos los productos finales que llegan al cliente, por medio de esta calidad.

La mejora de la calidad comienza por eliminar las causas raíces de los errores, defectos y elementos que contribuyen a aumentar la variabilidad en los procesos. Una calidad deficiente producida por variaciones no detectadas a tiempo tiene múltiples consecuencias como el incumplimiento de los programas de producción, la reducción de la eficiencia, la ralentización del flujo de producción, el aumento de las necesidades de espacio o la insatisfacción del cliente final.

Los costes de una mala gestión de la calidad hoy en día son bastantes más de los que se pueden apreciar a simple vista:

- Costes visibles: inspecciones, garantías, medición de calidad, etc.
- Costes no visibles: reprocesos, costes de almacenamiento, costes de devoluciones, etc.



Figura 3.7: Analogía de los costes de la mala calidad. [8]

El principio Lean más utilizado en la gestión de la calidad es el llamado “Cero defectos” (calidad en el origen): tradicionalmente, el esfuerzo se destinaba a la inspección de los productos a la salida de un proceso determinado, con la devolución inmediata del lote en caso de que se detectase algún error en el muestreo. Sin embargo, según Lean Manufacturing, todas las personas de la organización tienen la responsabilidad de producir calidad, es decir, ser responsables de controlar la calidad pieza a pieza a la entrada, durante y a la salida de los procesos y llevar un control de los equipos en los que trabaja y sus fallos. Así se establece un aprendizaje para promover la prevención de fallos.

3.2.1- La cadena de suministro

Detrás de cada producto hay una serie de actividades que se encargan de **suministrar** todos y cada uno de los componentes y procesos necesarios para llegar al producto final, esta es la llamada cadena de suministro. Estas actividades, relacionadas entre sí, tienen como objetivo final crear valor para los clientes.

Pueden ser de compras a proveedores, de gestión de información, de procesos de fabricación, de garantías, etc. Además, requieren la entrada de inputs (materia prima, mano de obra, energía, equipos, conocimiento, etc.) para transformarlos en outputs (productos o servicios).

Estas actividades que constituyen la cadena de suministro se clasifican, en orden creciente de complejidad, en:

- Tareas (actividades más elementales de la cadena de suministro).
- Procesos (formados por un conjunto de tareas).
- Cadenas de procesos (formados por un conjunto de procesos).

Un factor determinante en la cadena de suministro es la manera de gestionar las operaciones que ocurren en ella. La gestión de operaciones en la cadena de suministro comprende desde la creación de productos y servicios hasta la entrega directa a los clientes, pasando por el diseño, la gestión y la mejora de todas las actividades que son necesarias para el final uso efectivo del producto.

Finalmente, la cadena de suministro es conocida también como la **cadena de valor** en el pensamiento Lean debido a que toda ella está destinada a la pura creación de valor para los consumidores finales mediante la supresión de desperdicios y la integración de todas las áreas funcionales, por muy distintas que sean entre sí (compras, marketing, calidad, producción, logística, etc.).

3.2.2- Herramientas Lean utilizadas en la gestión de la calidad en John Deere

Son muchas las herramientas que se utilizan en la producción industrial procedentes de la metodología Lean Manufacturing, entre todas ellas en este apartado se describirán las que se emplean a la hora de gestionar la calidad a lo largo de toda la cadena de suministro de las cajas de transmisión en John Deere Ibérica.

3.2.2.1- TPM (Total Productive Maintenance)

El principal objetivo de esta herramienta es la eficacia de los equipos. Para que un equipo sea totalmente eficaz, debe estar disponible cuando es requerido y su eficiencia tiene que ser acorde a su especificación.

La función de TPM es repartir la función de mantenimiento entre los operarios que se encargan de la producción y el personal de mantenimiento. ¿Por qué se le asigna al operario una responsabilidad en cuanto al mantenimiento de los equipos? Porque no hay mejor persona para monitorizar y controlar el estado de un equipo que la misma que la está usando diariamente.

Además, como es el propio operario el que está “conviviendo” con la máquina también puede aportar nuevas ideas para la reducción de pérdidas y de falta de disponibilidad de la misma. De esta manera, conseguimos un aumento de la productividad y con ello una considerable disminución de las paradas y los reprocesos debidos a defectos ocasionados por la máquina.



Figura 3.8: Esquema de funcionamiento de TPM. [9]

Como podemos observar en el esquema de funcionamiento de TPM, mediante un control y análisis diario del equipo se pueden llegar a identificar problemas y, mediante una acción adecuada se pueden evitar incrementos en aleatoriedad en nuestro proceso los cuales conllevan una disminución de la calidad en el producto final que se le entrega al cliente.

De esta forma, TPM quiere alcanzar la supresión del mantenimiento correctivo de los equipos (reparaciones) e implantar únicamente el mantenimiento preventivo y el predictivo:

-Mantenimiento preventivo: es el cometido del personal de mantenimiento de la fábrica o taller y trata de mantener en condiciones normales las instalaciones y gracias a ello, descubrir anomalías antes de que se manifiesten y responder rápidamente ante las mismas. Además, también se deben llevar a cabo chequeos periódicamente para revisar el estado de las máquinas.

-Mantenimiento predictivo: los operarios, que deben estar previamente formados, son los responsables de la realización de pequeños chequeos diarios, lubricación y refrigeración adecuada del equipo, reposición de útiles y otros elementos y sobre todo de la detección de anomalías inmediatamente en cuanto se manifiestan.

Por tanto, el operario debe tener la capacidad de entender las funciones de la máquina y detectar cuando una función no es normal, así como la capacidad de descubrir problemas de calidad en el producto y detectar sus causas, las cuales pueden ser debidas a un problema en el equipo que ha procesado dicho producto.

Mediante el TPM se alcanza un principio Lean fundamental, que es el de cero averías. En John Deere Ibérica, se empezó con el TPM mediante la creación de un programa de Mantenimiento Autónomo en el cual, tanto operarios como empleados se formaban para llevar a cabo un mantenimiento básico que consistía en mantener el equipo limpio y correctamente lubricado además de efectuar una revisión de los puntos críticos de la máquina. Para llevar un control del

programa, se creó una Checklist de Automantenimiento en la que los operarios debían marcar las acciones de mantenimiento realizadas al equipo correspondiente.

Más tarde, una vez bien definido y estandarizado el programa de Mantenimiento Autónomo, se creó el programa de Mantenimiento Programado, el cual buscaba un mantenimiento preventivo de los equipos con el fin de reducir la probabilidad de fallo de las máquinas. Este programa cuenta con los siguientes pasos:

1. Evaluación del equipo periódicamente.
2. Evitar el deterioro acelerado mediante un mantenimiento sistemático.
3. Creación de un sistema de gestión de la información.
4. Creación además de un sistema de Mantenimiento Predictivo.
5. Evaluación y revisión del sistema de Mantenimiento Programado.

En JDISA, se hace un seguimiento exhaustivo del TPM mediante dos indicadores: la disponibilidad de los equipos y la eficacia de los mismos, dos factores fundamentales en el pensamiento Lean, como ya hemos visto.

3.2.2.2- 5Ss

Los objetivos de un programa 5S son principalmente tres: mantener disponibles y en buen estado equipos, herramientas, útiles, carretillas, accesorios, etc; tener suficiente espacio en suelos, estanterías, almacenes y sobre todo en zonas de trabajo; y reducir el inventario ya sea de entrada (materias primas), WIP (Work In Process) o productos terminados.

Con el programa 5S además de la obtención de estos objetivos, también se consigue una reducción del despilfarro de los recursos y una mayor motivación moral del trabajador. Todo esto es alcanzable mediante 5 sencillas mejoras en el puesto de trabajo:

1. *Seiri* (Sort) → Revisión metódica.

Se trata de tener todos los artículos del puesto de trabajo (herramientas, útiles, papeles, etc.) identificados y clasificados de forma que sea posible utilizar cada artículo justo en el momento que se necesita sin andar buscando y desperdiciando tiempo. Además, esta clasificación también es muy útil para suprimir los materiales que no sean necesarios y que solo estorben en el puesto.

2. *Seiton* (Straighten) → Orden.

Debe primar el orden en el puesto de trabajo, asignando una localización visual y auto explicativa para cada cosa. Además, se debe asegurar el fácil acceso a todos los elementos del puesto, en especial a los más habituales y esenciales.

3. *Seiso* (Shine) → Limpieza.

El equipo y las herramientas deben ser limpiados con frecuencia de forma que el área de trabajo esté limpio y ordenado en todo momento. La limpieza es fundamental tanto para el buen mantenimiento del equipo, útiles y herramientas como para su durabilidad y productividad.

4. *Seiketsu* (Standarize) → Mantenimiento en estado de uso.

Establecimiento de acciones que se apliquen regularmente a los puestos de trabajo relacionadas con las "Ss" anteriores. De esta manera, se pueden identificar más fácilmente comportamientos que se salgan de lo que se ha establecido como correcto.

5. *Sheitsuke* (Sustain) → Disciplina y entrenamiento.

Aplicar las reglas 5S escrupulosamente y hacer de ello un hábito.

La metodología de implantación del programa 5S no es tan sencilla como parece, pues se trata de introducir una forma de pensamiento y de realización de las cosas diferente para los operarios. La ventaja es que no requiere grandes inversiones, pero lo realmente complicado es mantener el trabajo bien hecho. La forma correcta de implantación sería progresivamente de la primera "S" a la quinta, es decir, ir desde la revisión metódica a la disciplina y el entrenamiento.

Aunque se requiera cierto esfuerzo para implantar el programa, merece la pena ya que son muchas las ventajas que ofrece, como por ejemplo la involucración de los trabajadores directamente en el proceso de mejora mediante el conocimiento exhaustivo de su puesto de trabajo, el alcance de una mayor productividad (menos defectos, averías, accidentes, inventario y movimientos) o una mejor imagen en general, lo cual genera satisfacción por el lugar en el que se trabaja.

En JDISA se llevan cabo auditorías periódicas de 5Ss en cada uno de los puestos de trabajo para asegurar que se cumplen las mismas correctamente.

3.2.2.3- *Kaizen* (Mejora Continua)

Kaizen o la mejora continua de una cadena de valor, que significa lo mismo, es el proceso por el cual se pretende reducir el despilfarro y crear más valor progresivamente. Cuando se habla de mejora se dan dos niveles fundamentales:

NIVEL 1: Enfocado a cada proceso individual, a la mejora día a día de cada equipo de trabajo. Este es del que se hablará en este punto, *Kaizen*.

NIVEL 2: Enfocado a la cadena de suministro completa. En este nivel, al afectar a toda la cadena de suministro, se da un cambio mucho más revolucionario conocido como *Kaikaku*, innovación aplicando reingeniería. Estos cambios pueden ser en la tecnología, en el layout de la planta, de una línea completa, etc.

¿Cómo se efectúa el proceso de mejora continua? Mediante el sistema PDCA (Plan, Do, Check, Act):

- Plan: determinación de los objetivos que se quieren conseguir con el proceso y establecimiento de un plan para lograr los cambios necesarios que lleven hacia la meta que se quiere alcanzar.
- Do: implementación esos cambios según lo establecido en el plan.

- Check: evaluación y análisis de los resultados obtenidos de la implementación de los cambios. Si estos no son los esperados, hay que llevar a cabo una replanificación de las mejoras.
- Act: si los resultados alcanzados conducen hacia los objetivos definidos en el plan, habrá que efectuar una estandarización de forma que se estabilicen esos cambios, es decir, hacer de esa mejora puntual, un régimen permanente.

En el pensamiento Lean, la gestión visual es fundamental para la mejora continua puesto que gracias a ella es posible conseguir que todos y cada uno de los detalles destaquen, de forma que los errores sean visibles y se puedan solucionar los problemas desde la etapa más primaria. De esta manera se logra la obtención de información del proceso a tiempo real, lo que implica poder actuar ante cualquier incidencia inmediatamente.

Otro aspecto importante para *Kaizen* es el empowerment, práctica que trata de preparar a las personas para observar y aprender de manera que puedan llevar un control sobre el proceso que ellas mismas están llevando a cabo (autocontrol). Empowerment se plantea un enfoque socrático de los hechos para un mayor aprendizaje personal:

- QUÉ → ¿Qué es lo que está pasando?
- QUIÉN → ¿Quién está implicado? ¿Quién tiene capacidad en la organización para abordar el problema?
- DÓNDE → ¿Dónde se sitúa el problema físicamente?
- CUÁNDO → ¿En qué momento ocurre? ¿Coincide con algún otro hecho?
- CÓMO → ¿De qué forma ocurre?
- CUÁNTO → ¿Qué magnitud tiene? ¿Cuál es su coste?
- POR QUÉ → ¿Por qué ha ocurrido? ¿Cuál es la causa raíz de la incidencia?

Finalmente, se puede decir que la mejora continua pretende que todos mejoren todos los días buscando continuamente ideas para avanzar y eliminar recursos sobrantes con el fin de conseguir una mayor efectividad y una mayor exposición a los problemas, obteniendo así más información sobre ellos. Una vez que se tenga mayor conocimiento de la naturaleza del problema y sus causas, se podrá lidiar con el mismo.

En John Deere Ibérica, la mejora continua comenzó a implantarse en la fábrica con el fin de obtener la certificación DPS (Deere Production System), la cual será explicada en profundidad más adelante. A raíz de esto, JDISA estableció su propia metodología para llevar a cabo la mejora continua creando Proyectos de Mejora Continua los cuales están destinados a la búsqueda de soluciones que permitan desarrollar mejor los procesos de la organización. Estos proyectos están destinados a mejorar cuatro áreas fundamentales: eficiencia, entregas, calidad y seguridad.

Para garantizar que el proceso de Mejora Continua se lleve a cabo con éxito existen una serie de componentes fundamentales en John Deere Ibérica:

- Comité de Mejora Continua de Fábrica
- Comité de Mejora Continua de Minifábrica
- Equipos de Mejora Continua
- Equipos Naturales de Trabajo

Estos cuatro elementos se coordinan y organizan para desarrollar un proceso de mejora cada año y así fijar los objetivos de cada Equipo de Mejora Continua. Una vez establecido el proceso anual, se inicia el ciclo de Mejora Continua el cual dura un trimestre, por lo tanto, se dan un total de cuatro ciclos trimestrales en los que se deben realizar tantas mejoras como sean necesarias para alcanzar los objetivos anuales en cada una de las cuatro áreas fundamentales de mejora mencionadas anteriormente.

3.2.2.4- Poka Yoke

Un *Poka* (evitar) *Yoke* (equivocación) es un sistema anti error implantado en los puestos de trabajo de una fábrica o taller con el fin de garantizar la calidad tanto en el proceso como en el producto final. Éste lleva a cabo funciones de control y de advertencia ante un defecto.

Los errores son inevitables, puesto que en la producción trabajan seres humanos que pueden equivocarse, y su causa son los defectos. Sin embargo, los defectos son evitables, pues son el resultado de permitir que un error avance en la cadena de suministro hasta llegar al cliente. Una de las maneras de evitar que esto ocurra es el *Poka Yoke* y existen tres tipos distintos:

1. **Prevención:** directamente no deja que lleguen a producirse los errores, por tanto, nunca se llegan a producir defectos.

Ejemplo de la vida cotidiana: un USB no puede ser insertado a menos que su orientación sea la correcta, de esta manera nunca se llegan a producir daños en el USB o en el dispositivo donde se inserte.

2. **Predicción:** avisa de que va a producirse el defecto para que pueda evitarse a tiempo.

Ejemplo de la vida cotidiana: cuando a un vehículo le queda poco combustible, se enciende un piloto para avisar de ello con el fin de que el vehículo no se quede totalmente sin combustible y con ello, parado.

3. **Detección:** avisa de el defecto ha ocurrido con la finalidad de que pueda enmendarse de inmediato, antes de que el producto defectuoso llegue al cliente.

Ejemplo de la vida cotidiana: un detector de humo se activa en cuanto detecta algo de humo y avisa con el fin de que se extinga con la mayor brevedad posible el fuego que está causándolo.

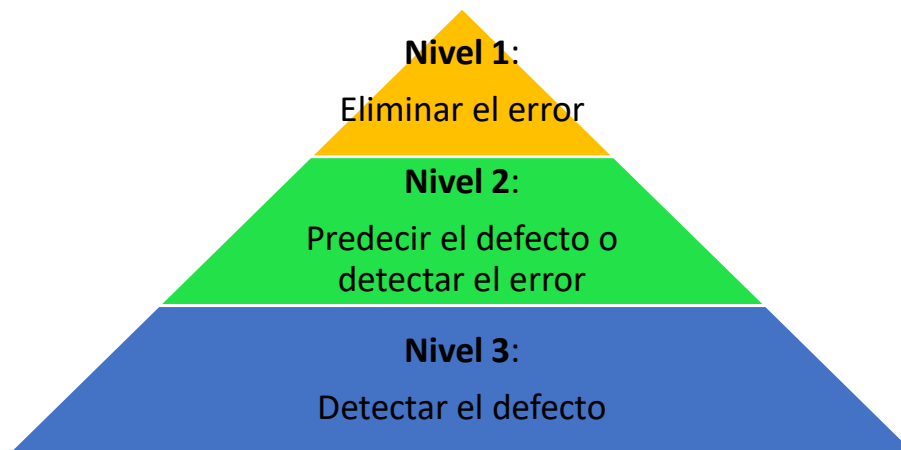


Figura 3.9: Niveles de prevención de un *Poka Yoke*.

Como se puede ver en la pirámide, la base es la detección del defecto y se puede conseguir mediante prácticas tan sencillas como controles visuales o tableros de control. En el nivel 2, se encuentra la predicción de que se va a producir un defecto y se puede alcanzar mediante controles del proceso o métodos de aviso. En lo alto de la pirámide, se sitúa la supresión del error el cual una vez detectado o predicho que se va a producir, se debe eliminar mediante modificaciones del diseño del producto o fijando un solo proceso que sea el correcto.

Hay que tener en cuenta una serie de consideraciones entre los diferentes niveles que hemos visto, y son:

- El tiempo de implementación, el cual debe ser el mínimo. Se tiene que empezar trabajando con el nivel 3 y seguir progresivamente para implementar el nivel 1.
- El coste de implementar todos los cambios necesarios para evitar el defecto.
- El número de causas que originan los errores que deben solucionarse.

Un buen *Poka Yoke* se identifica fácilmente por las siguientes características:

- Es simple y barato.
- Es independiente de la intervención humana en el proceso.
- Siempre está cerca de donde se suele producir el error.
- Proporciona información de forma inmediata al proceso.
- Está diseñado para parar o detectar un determinado error, no varios. Para cada error es preciso un *Poka Yoke* diferente.

Con el *Poka Yoke* se pretende conseguir un principio Lean fundamental, que es el de cero defectos, explicado anteriormente.

En John Deere Ibérica, el uso del *Poka Yoke* está presente en muchos de los procesos que se llevan a cabo en las cajas de transmisión en las diferentes minifábricas. Además, al haber tal cantidad de ellos instalados, se lleva un control muy exhaustivo de cada uno.


JOHN DEERE		AUTOCONTROL POKA YOKES	CE-Ibérica
Minifábrica: Ejes y engranajes	Producto: Engranaje	Operación: Rectificado	
Nº máquina: Línea 5. Y-20-14-1487	Referencia: R120637/R120639	Fecha: 21/10/2008	
Nº Poka Yoke: F85-12-15138	Tipo: Mecánico	Clase: 2	
Descripción: Consiste en una chapa metálica puesta al inicio de la cinta de carga por donde se alimenta a la rectificadora. La chapa tiene una ranura que hace que sólo sea posible meter la pieza a rectificar en la posición correcta.			
Operario: Meter las piezas a través de la ranura.			
Foto: 			
Acciones			
Si se detecta fallo avisar a: Supervisor			
Supervisor: Comprobar que la chapa está en el puesto y en la posición correcta. Acudir cuando los operarios detecten alguna anomalía.			
Mantenimiento: Revisar que la chapa conserva sus dimensiones iniciales. Si ha sufrido desgaste sustituirla por otra nueva. Prevenir posibles desgastes, deterioros, alteraciones o desprendimientos del dispositivo.			
Revisión: Según pauta de automantenimiento.			

Figura 3.10: Hoja de Autocontrol de *Poka Yoke* en JDISA. [10]

Otro ejemplo de *Poka Yoke* electrónico en la fábrica de John Deere Ibérica, su función es hacer que el operario no se olvide de ninguna de las partes que van en ese montaje:



Figura 3.11: Kit de montaje.

3.2.2.5- Six sigma

Aunque el enfoque Six sigma pertenezca a la metodología Lean Manufacturing, se trata de un enfoque analítico más que sistémico como en el caso del pensamiento Lean. Está orientado hacia la calidad del “output” que desea el cliente, la reducción de la variabilidad y la complejidad analítica.

Es una manera de expresar el nivel relativo de calidad de un producto, servicio o proceso de negocio. El principal objetivo es alcanzar niveles de calidad que aseguren la fiabilidad final del producto, servicio o proceso.

Six sigma se basa en encontrar la forma de medir el desempeño de un sistema y las variables que le afectan para encontrar, de todas esas variables, qué relaciones tienen y cuáles son más importantes con el fin de eliminarlas y así disminuir la variación. Esta herramienta está diseñada para garantizar que no nos desviemos de las especificaciones requeridas.

Las variaciones encontradas cuando un producto o proceso es analizado suelen darse en dos tipos de circunstancias diferentes:

- Causas comunes, como pueden ser vibración de las máquinas, cambios en la viscosidad del aceite o lubricante, variaciones de temperatura, etc.
- Causas especiales, como pueden ser cortes en el suministro de energía, errores de los operarios, desgaste de herramientas o útiles, etc.

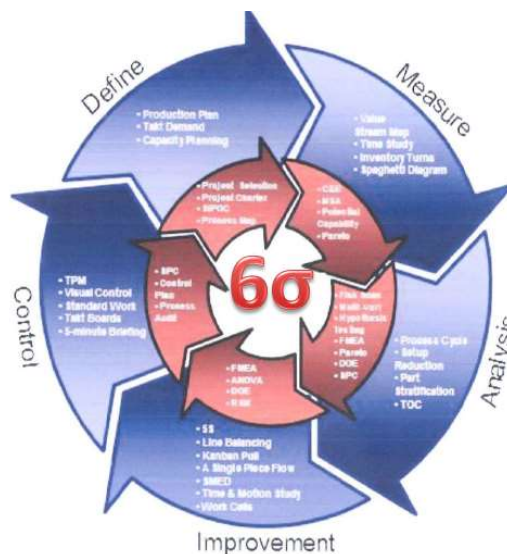


Figura 3.12: Enfoque Six sigma. [11]

Metodología a emplear cuando se pone en práctica el enfoque Six sigma:

- **Definir:** cuál es el defecto y/o síntoma que tenemos en nuestro producto o proceso.
- **Medir:** cuál es la severidad del problema y medirlo con exactitud.

- **Analizar:** entrar en detalle de las causas que originan el defecto.
- **Mejorar:** desarrollar soluciones para erradicar esas causas.
- **Control:** implementación de la solución y asegurar que no se repite mediante el mantenimiento de la misma.

En John Deere Ibérica se usan múltiples herramientas Six sigma, que se verán posteriormente, con el fin de garantizar la máxima calidad en el producto final y crear así el máximo valor en el cliente final.

3.3- Departamentos encargados de la gestión de la calidad en JDISA

Haciendo referencia al organigrama del Capítulo 2 en el que se apreciaba la estructura organizativa, de carácter jerárquico, se puede ver que uno de los grandes departamentos existentes en John Deere Ibérica es el de calidad.

La estructura interna del departamento de calidad ha ido cambiando a lo largo de los años hasta llegar a lo que es hoy. Se encuentran cuatro áreas fundamentales que conforman el departamento de calidad:

1. OFP (Order Fullfilment Processes)
2. PDP (Product Development Processes)
3. SQA (Supplier Quality Assurance)
4. Medición y verificación

3.3.1- OFP

En este área se lleva a cabo la gestión de la calidad sobre todos los procesos necesarios para completar los pedidos a cliente. La mayoría de los procesos de gestión de la calidad que serán descritos en este capítulo son llevados a cabo por este área perteneciente al departamento de calidad, ya que es la que lleva directamente los procesos sobre las cajas de transmisión y su fabricación.

Para asegurar el correcto funcionamiento de los estándares y la calidad de cada uno de los productos fabricados en JDISA, hay un ingeniero de calidad trabajando en cada minifábrica junto con los ingenieros de producción y manufactura para la puesta en común de conocimientos y con ella, el desarrollo de la más rápida solución a los posibles problemas de calidad que puedan darse.

Entre las funciones del ingeniero de calidad de cada minifábrica, se encuentran:

- Asegurarse de que los operarios siguen paso a paso el plan de control establecido previamente a la hora de trabajar en un proceso.
- Gestión de auditorías tanto de proceso como de producto.
- Dar soporte a los clientes con los rechazos y los productos devueltos.
- Seguimiento de las PPMs (concepto que se verá en mayor profundidad más adelante).
- Llamadas semanales a clientes para llevar un seguimiento de los problemas de calidad.
- Uso de la gestión de reclamaciones 8D (también será visto más adelante).

3.3.2- PDP

Es el área encargada de desarrollar todos los nuevos productos de forma que lleven integrado el mayor nivel de calidad posible. Gracias a las prácticas desarrolladas por esta parte del departamento de calidad, se garantiza una industrialización del producto adecuada. Entre las funciones de los ingenieros de PDP se encuentran:

- Capacitar acorde a las novedades a los trabajadores, ya que son ellos mismos los que han desarrollado el proceso para la producción del nuevo producto.
- Elaborar un plan de control de cada uno de los nuevos procesos.
- Primera auditoría tanto de producto como de proceso, para poder medir los resultados del plan de control.

La actuación de PDP a la hora de establecer la producción de una nueva caja de transmisión está compuesta por diferentes subprocesos y fases, llamadas “EPDP Phases”:

1. WW Product Line Plan Development: se elaboraría en esta fase el diseño de la línea del nuevo producto.
2. Project Definition: se define el proyecto mediante el cual se llevará a cabo la producción del nuevo producto.
3. Project Development: desarrollo de ese proyecto.
4. Project Demonstration: evaluación de los nuevos productos y de sus procesos de fabricación.
5. Project Implementation: una vez obtenidos resultados favorables, implementación en la fábrica de la nueva línea de producción.
6. Project Closure: análisis de la actuación de la nueva línea de producto y propuestas de mejora.

El conjunto de todas las actividades de control sobre el nuevo producto es llamado **Plan de Calidad** y dependiendo de la fase del proyecto, los requerimientos son diferentes:

- Plan de Calidad para Prototipos
- Plan de Calidad para Lote Piloto

La correcta realización de cada una de las actividades recogidas en el Plan de Calidad es fundamental ya que, si no están aprobadas, no se puede pasar a la siguiente fase del proyecto. En las siguientes imágenes se pueden ver algunos ejemplos de Planes de Calidad:

PLAN DE CALIDAD DE PROTOTIPOS

Task	What	Who	When
PPW Checklist	To check parts according to specs (dimension, material & heat treatment)	SQA Eng	Before start prototypes
Preliminary PFMEA	To check failure modes and set an adequate process	PDP team	While building prototypes and before order the test bench and tooling for production

Figura 3.13: Plan de Calidad de Prototipos desarrollado en JDISA. [12]

PLAN DE CALIDAD LOTE PILOTO

Task	What	Who	When
PPW Checklist	To homologate single part	SQA Eng	Before start production
PFMEA	To check failure modes and set an adequate process and control plan	PDP team	Before start production
Process Audit	To check that the process complete the TDS and drawing	QA Eng	During the production of the first (5) units
Product audit	To check the correct assembly	PV&V	During the production of the first (5) units
Worker training	To assure that the worker follow the proper assembly method	QA Eng	Worker audit at the same time than the process audit.

Figura 3.14: Plan de Calidad de Lote Piloto desarrollado en JDISA. [13]

3.3.3- SQA

Esta parte se encarga de que todas las piezas o productos necesarios para componer las cajas de transmisión comprados a otras compañías reúnan los requisitos adecuados que exigen las especificaciones, además de estar en contacto con proveedores continuamente para que el flujo de información sea lo más claro posible y en general, mejorar la calidad de los proveedores.

Este área la componen diferentes ingenieros de calidad dedicados a un grupo de productos o piezas con características similares, es decir, se dividen por sinergias. Una persona se encarga de todas las piezas forjadas, otra para piezas hechas por fundición, otra persona encargada de piezas fabricadas por mecanizado y otra encargada de las compañías dedicadas. Éstas últimas proveen a John Deere Ibérica productos ya terminados, es decir, hacen cajas de transmisión ya ensambladas y listas para entregar a cliente con todas las especificaciones establecidas por John Deere.

Entre las funciones que llevan a cabo los ingenieros pertenecientes a SQA se encuentran:

- Asegurarse de que las investigaciones sobre los defectos que llegan de proveedor sean precisas y justas.
- Impulso a los proveedores a respaldar la producción e implementar acciones de contención de inmediato cuando se da un defecto originado bajo su responsabilidad, y a corregirlo de inmediato.
- Elaboración de un análisis de las causas raíz y acciones eficaces para la prevención de defectos en común con el proveedor.
- Recuento de las piezas rechazadas que impactan en las calificaciones de PPMs (serán vistas en profundidad más adelante) de los proveedores de materiales directos.

Para recopilar todas estas acciones, se debe elaborar un Informe de Acciones Correctivas del Proveedor cuando se da algún problema en los materiales recibidos. Para la correcta elaboración del informe se deben dar una serie de condiciones:

- A. El proveedor debe responder lo antes posible (siempre dentro de las 24 horas) con el fin de limitar el impacto en la producción, mediante el uso de una acción oportuna de contención de los materiales que presenten no conformidades.
- B. El proveedor debe informar de los resultados relacionados con la contención, debe informar de los siguientes aspectos:
 - Procesos de inspección y reproceso.
 - Método de identificación de aprobación de la inspección.
 - Números de serie de los componentes a los que han sido aplicadas acciones de contención o correctivas.
 - Cantidades contenidas, no conformes, reprocesadas, desviadas o desechadas.
- C. El proveedor debe llevar a cabo una investigación rigurosa de la causa raíz y acciones correctivas a largo plazo según el proceso de gestión de reclamaciones 8D de John Deere, que será visto en profundidad más adelante, en el caso de que se abriese una.

El ingeniero correspondiente de calidad de John Deere juzgará el tiempo oportuno, la efectividad de la contención y la aceptabilidad de la acción correctiva.

Además, existe una herramienta creada con el objetivo de promover la mejora continua entre los proveedores llamada **Achieving Excellence**. Se trata de un sistema corporativo mediante el cual se fomenta la comunicación y la actividad positiva de los proveedores a lo largo de todo el proceso productivo, puesto que cada proveedor se somete a evaluación.

3.3.4- Medición y verificación

Es el departamento dedicado a la verificación de que nuevos los productos o cambios de diseño cumplen las especificaciones correspondientes a la documentación asociada a dicho producto. Además de las especificaciones, también se comprueba que cada componente empleado en la

producción de productos John Deere siga la normativa ISO vigente y la política de calidad compartida de automoción.

Además, entre sus funciones también se encuentra asegurar la continuidad en la producción de mecanizados y operaciones críticas desarrolladas en John Deere Ibérica.

Todo esto se ejecuta mediante diferentes pruebas de inspección y medición, además de análisis y ensayos que se verán más adelante en este capítulo.

3.4- DPS

Deere Production System (DPS) o el Sistema de Producción Deere es una estrategia productiva implantada por igual a todas las fábricas Deere & Company. Esta estrategia tiene como objetivo hacer todos los productos Deere competitivos, ya que cada vez se exige una mayor conformidad en cuanto a requerimientos y especificaciones por parte del cliente.

Se puede calificar DPS como el cambio de cultura de fabricación y organización hacia una nueva basada en el pensamiento Lean Manufacturing. Esta nueva cultura tiene como fin establecer un enfoque sencillo de la producción de forma que cada aspecto innecesario o despilfarro del sistema sea claramente visible.

Por tanto, en DPS quedan reflejados los objetivos comunes entre John Deere y Lean Manufacturing como puede ser el suministro de la máxima calidad en el momento que el cliente solicita al precio más bajo posible. En DPS también se contempla una fuerte influencia por la Mejora Continua (*Kaizen*).

Los aspectos principales de DPS son:

- Liderazgo: desde los puestos líderes de la organización, se debe concienciar a todos los trabajadores de la importancia de hacer las cosas de forma correcta, así como informar del estado en el que la fábrica se encuentra periódicamente.

Las funciones de los líderes de la compañía, en este caso de John Deere, Ibérica serían:

- Alineamiento del DPS con la misión y objetivos previamente establecidos.
 - Elaboración de un Plan Estratégico con visión a medio-largo plazo para cada área de la fábrica.
 - Ser activo en cuanto a la participación de auditorías y seguimientos periódicos.
 - Promoción de la cultura de la Mejora Continua en todo momento, en toda la fábrica.
 - Reconocimiento y comunicación de los logros alcanzados al área o departamento correspondiente.
- Ambiente de trabajo: bajo este aspecto se agrupan varios conceptos de importancia clave para el correcto funcionamiento de la organización:
 1. **Seguridad y medio ambiente**: busca alcanzar los “cero” incidentes medio ambientales y de seguridad en el trabajo propuestos por la filosofía Lean. Para ello, se desarrollan múltiples planes de seguridad con el fin de prevenir riesgos laborales y efectos negativos hacia el medio ambiente.

Para garantizar la seguridad en el trabajo, se hace uso de una serie de medios adecuados para prevenir cualquier tipo de incidente como, por ejemplo, los EPI (Equipos de Protección Individual) que serían los zapatos de seguridad, gafas, guantes, etc. Además, se forma a todos los empleados en Prevención de Riesgos Laborales y se mide la seguridad mediante ciertos índices como el de gravedad o frecuencia.

2. **Organización del lugar de trabajo:** en la fábrica JDISA, se da una distribución de todos los equipos de producción por grupos de células configurados mediante tecnología de grupos. En lugar de separar las funciones especializadas, se apuesta por el flujo continuo de materiales, por lo que las máquinas están estructuradas en minifábricas en las que se lleva a cabo todo el proceso productivo de una determinada familia de productos.

Además de la organización a nivel de maquinaria, también es importante la organización en el propio puesto de trabajo. Ésta se alcanza mediante el cumplimiento de las 5Ss, anteriormente explicadas.

3. **Equipos naturales de trabajo:** mediante estos se asignan responsabilidades a cada trabajador. Se busca el trabajo en equipo día a día, ya que un equipo es mucho más productivo que una sola persona, puesto que hay aportaciones diferentes. Es importante que todos los individuos integrantes del equipo tengan unos objetivos comunes y bien definidos.
4. **Mejora Continua (Kaizen):** este también es un concepto que se ha visto en profundidad en el apartado 3.2, ya que también parte de la filosofía Lean. Por cada minifábrica o equipo de producción en la fábrica, hay un panel informativo físico cuya función es informar a los equipos de los proyectos de mejora continua que se están tratando y los datos de productividad que están alcanzando en cada uno de los productos de la minifábrica, entre otros. Cada día, se reúnen todos los ingenieros pertenecientes a la misma minifábrica en este panel para poder hacer un seguimiento correcto de la producción de la minifábrica. Esta reunión diaria se llama "Daily CI".

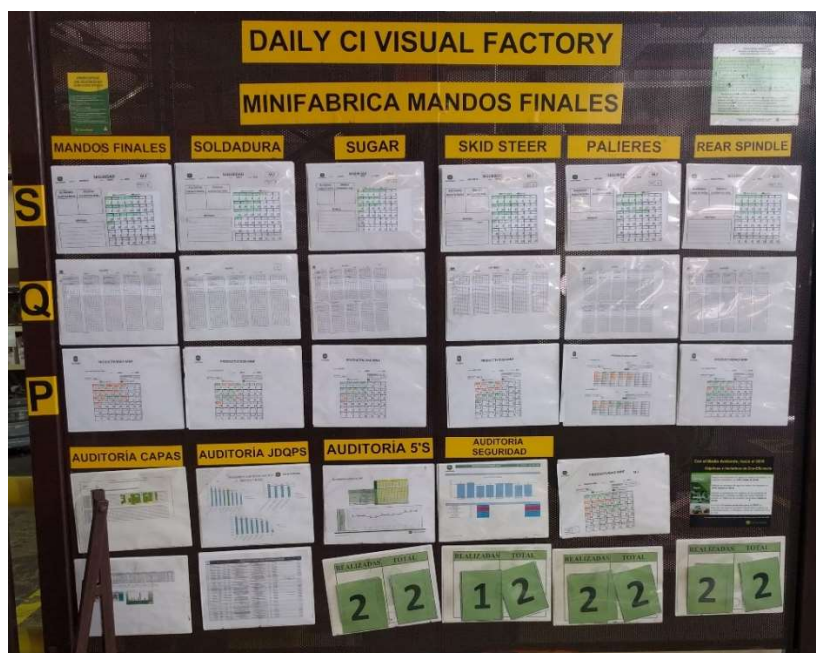


Figura 3.15: Panel de Mejora Continua de la minifábrica de Mandos Finales.

- Procesos de operación estructurados: todos los procesos de producción deben estar estandarizados y correctamente estructurados de forma que las diferencias sean las mínimas posibles en la planta. DPS establece que la planificación de la producción debe estar ajustada a las necesidades del cliente.
- Tecnología de manufactura y procesos: consiste en la rápida adaptación de los productos John Deere al mercado cada vez más cambiante. Esto provoca la necesidad de desarrollar nuevos productos incorporando nuevas tecnologías de fabricación e innovaciones en el diseño de los productos.
- Planificación de la producción: debido a que la producción está sujeta a la demanda del cliente, existen ciertos plazos de entrega que la organización tiene que ser capaz de cumplir a tiempo, sin que este factor afecte a la calidad del producto, por ello es de vital importancia llevar un control y una planificación excelente de la producción.
- Logística de materiales: con la finalidad de entregar todos los pedidos a tiempo, también es fundamental el aprovisionamiento de materiales adecuado para poder llevar a cabo el proceso productivo sin inconvenientes ni retrasos.
- Disponibilidad de la operación y equipos productivos: además de una correcta planificación y aprovisionamiento de materiales, es crucial la disponibilidad de las máquinas y de las personas para poder llevar a cabo la fabricación de una caja de transmisión o subcomponente. Esto se consigue mediante el TPM (Total Productive Maintenance), desarrollado anteriormente. Esta responsabilidad estará compartida entre los departamentos de mantenimiento y manufactura.

- Calidad: en este modelo de gestión de la calidad se sigue el enfoque integrador GCT en que, como se ha visto, se integran múltiples aspectos de cada enfoque de la gestión de la calidad. La principal consigna del Sistema de Producción Deere es que “la calidad no se inspecciona, sino que se diseña y se planifica”. Es primordial que todos los departamentos se vean involucrados en la gestión de la calidad desde el diseño del producto hasta incluso después de la venta al cliente, pasando por el aprovisionamiento de los materiales y la planificación de la producción entre otros aspectos.
- Indicadores y certificación DPS: en la actualidad, Deere & Company impone como requisito a todas sus plantas de producción estar certificadas en DPS. Para conseguir la certificación todos los puntos anteriormente mencionados deben estar por encima del 70% en cada evaluación anual. Cada elemento tendrá un número diferente de puntos máximos (los cuales se consiguen si se llega a la implementación total en dicho aspecto) en función de su nivel de importancia en el desarrollo de la fábrica. Los indicadores son importantes no solo para conseguir una certificación, sino para evaluar las acciones que se han llevado a cabo en el año y establecer mejoras.

3.4.1- DPQS

Deere Production Quality System es la evolución de Deere Production System y consiste en la fusión de todos los elementos que conforman DPS con la herramienta Six sigma con el fin de reforzar la calidad al máximo. Este nuevo modelo se centra en intentar alcanzar las “cero reclamaciones” y en caso de no conseguirlo, de proveer la mejor atención al cliente posible para solucionar el problema de calidad cuanto antes.

Sus aspectos principales son:

- Liderazgo
- Desarrollo de productos y servicios
- Planificación y ejecución de la cadena de suministro
- Planificación y ejecución de la manufactura
- Integración del cliente y soporte
- Indicadores

Como podemos observar, estos elementos cambian respecto a DPS, puesto que centra un mayor esfuerzo en la gestión de la calidad. Adicionalmente, los indicadores también se clasifican de una manera diferente a la que lo hacía DPS:

1. Indicadores de planificación:
 - a. Planes de calidad
 - b. Planes de calidad de soporte al cliente
2. Indicadores de control:
 - a. Procesos de control y monitorización
 - b. FPY (First Pass Yield) → Se trata del porcentaje de piezas buenas obtenidas a la primera del proceso productivo.

3. Indicadores de mejora:
 - a. Índice de calidad de proveedores
 - b. Resolución de problemas

4. Indicadores de resultados:
 - a. FPM (Fallos Por Máquina)
 - b. CPM (Coste Por Máquina)

De la misma manera que en DPS, cada fábrica perteneciente a Deere & Company deberá obtener al menos una calificación del 70% en los indicadores.

3.5- Procesos de gestión de la calidad en cajas de transmisión

La gestión de la calidad se lleva a cabo desde que se diseña la caja de transmisión hasta que finaliza su periodo de garantía. En este punto se describirán detalladamente los procesos más significativos y útiles a la hora de gestionar la calidad en cada momento del ciclo de vida del producto en John Deere Ibérica S.A.

3.5.1- Fase de validación de productos nuevos

Estos procesos se ejercen con el fin de dotar al diseño de nuevos productos o de cambios en algunos ya existentes de la calidad requerida por John Deere.

3.5.1.1- DFMEA

Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA) es un documento en el que se identifican los posibles fallos del proceso de desarrollo de un producto y en el que se analizan sus consecuencias. Identificar riesgos de fallo tempranamente es la mejor manera de estar preparado o incluso de resolver un problema incluso antes de que ocurra. DFMEA se aplica en los siguientes casos:

- Cuando se diseña un nuevo producto.
- Cuando se desea aplicar modificaciones de algún tipo en el diseño de un producto debido a errores en el diseño anterior que han dado lugar a problemas de calidad considerables.
- Cuando el producto se empieza a usar de forma diferente o las condiciones del proceso cambian y, por tanto, se da la necesidad de cambiar el diseño.

Normalmente este proceso lo llevan a cabo conjuntamente los departamentos de calidad, de manufactura, de ingeniería y de producción, y dentro del departamento de calidad, colaboran las áreas de PDP y OFP.

En la siguiente figura, se muestra una hoja de trabajo DFMEA en la que se pueden ver diferentes campos que los responsables del proyecto deben rellenar. Se empieza con campos muy sencillos cuya finalidad es únicamente informativa como, por ejemplo: líder del proceso FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), participantes del proceso FMEA, vehículo (tipo de cosechadora, tractor, etc.) en el que va ensamblada la caja de transmisión que se está tratando en este proceso FMEA, fecha de origen y de revisión, responsable del proyecto, etc.

Se puede observar que en campo "Component" están destacadas las palabras "rev A", esto es porque periódicamente, se revisan los problemas de calidad potenciales y sus acciones y se toman nuevas decisiones que pueden implicar la implementación de una nueva acción, la supresión de algún modo de fallo o algo por el estilo. Estos cambios quedan reflejados en un

nuevo DFMEA de características similares al precedente con la diferencia de que en "Component" ahora se indica "rev B". Y así sucesivamente cada vez que se decida cambiar algún campo de la hoja de trabajo DFMEA.


SYSTEM DESIGN FMEA																																																																							
FMEA Process Leader:		Vehicle:		FMEA Number:		Project:																																																																	
Participants:		Team:		Origin Date:		Project Resp:																																																																	
		System:		Last Revised:		Supplier: John Deere Iberica																																																																	
		Component:		rev A																																																																			
		<div style="text-align: right;"> Click here for FMEA Template Instructions </div>																																																																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Severity of Effect</th> <th>Likelihood of Occurrence</th> <th colspan="2">Design Control Detection</th> <th colspan="3">Risk Priority Level</th> <th rowspan="3">Recommended Actions</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Potential Effects of Failure (Local, Next Higher Level) (End User)</th> <th rowspan="2">S E V</th> <th rowspan="2">Potential Causes of Failure</th> <th rowspan="2">O C C</th> <th colspan="2">Current Design Controls (Standards, Modeling, Design Analysis, etc.)</th> <th rowspan="2">D E T</th> <th rowspan="2">R P N</th> <th rowspan="2">R P L</th> </tr> <tr> <th>Prevention</th> <th>Detection</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>Operator do not assemble it</td> <td></td> <td>Print Review, PFMEA</td> <td>Field Test, durability</td> <td></td> <td></td> <td>L</td> <td>Verificar en laboratorio velocidad de salida, hacer prueba de fugas en montaje, venir premontado de proveedor</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Plug not sealing correctly the hydraulic system</td> <td></td> <td>Print Review, PFMEA</td> <td>Field Test, durability</td> <td></td> <td></td> <td>L</td> <td>Verificar en laboratorio velocidad de salida, hacer prueba de fugas en montaje, venir premontado de proveedor</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Leaks and piston is not released</td> <td></td> <td>Print Review</td> <td>Field Test, durability</td> <td></td> <td></td> <td>L</td> <td>Probar a 10bar de aire en premontaje y detectar fuga de aceite en montaje final</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Both slots for o-rings are not correctly calculated</td> <td></td> <td>Print Review, FEA, Brake capacity calculations</td> <td>Field Test, durability</td> <td></td> <td></td> <td>L</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Severity of Effect		Likelihood of Occurrence	Design Control Detection		Risk Priority Level			Recommended Actions	Potential Effects of Failure (Local, Next Higher Level) (End User)	S E V	Potential Causes of Failure	O C C	Current Design Controls (Standards, Modeling, Design Analysis, etc.)		D E T	R P N	R P L	Prevention	Detection			Operator do not assemble it		Print Review, PFMEA	Field Test, durability			L	Verificar en laboratorio velocidad de salida, hacer prueba de fugas en montaje, venir premontado de proveedor			Plug not sealing correctly the hydraulic system		Print Review, PFMEA	Field Test, durability			L	Verificar en laboratorio velocidad de salida, hacer prueba de fugas en montaje, venir premontado de proveedor			Leaks and piston is not released		Print Review	Field Test, durability			L	Probar a 10bar de aire en premontaje y detectar fuga de aceite en montaje final			Both slots for o-rings are not correctly calculated		Print Review, FEA, Brake capacity calculations	Field Test, durability			L	
Severity of Effect		Likelihood of Occurrence	Design Control Detection		Risk Priority Level			Recommended Actions																																																															
Potential Effects of Failure (Local, Next Higher Level) (End User)	S E V	Potential Causes of Failure	O C C	Current Design Controls (Standards, Modeling, Design Analysis, etc.)		D E T	R P N		R P L																																																														
				Prevention	Detection																																																																		
		Operator do not assemble it		Print Review, PFMEA	Field Test, durability			L	Verificar en laboratorio velocidad de salida, hacer prueba de fugas en montaje, venir premontado de proveedor																																																														
		Plug not sealing correctly the hydraulic system		Print Review, PFMEA	Field Test, durability			L	Verificar en laboratorio velocidad de salida, hacer prueba de fugas en montaje, venir premontado de proveedor																																																														
		Leaks and piston is not released		Print Review	Field Test, durability			L	Probar a 10bar de aire en premontaje y detectar fuga de aceite en montaje final																																																														
		Both slots for o-rings are not correctly calculated		Print Review, FEA, Brake capacity calculations	Field Test, durability			L																																																															

Figura 3.16: Hoja de trabajo DFMEA John Deere.

Campos relevantes de la hoja de trabajo DFMEA:

1. **"Function"**: descripción de la función en la que pueden darse problemas.
2. **"Potential Failure Mode"**: descripción del modo de fallo potencial.
3. **"Potential Effects of Failure"**: señala dónde o a quién puede repercutir el modo de fallo. Si afecta al siguiente nivel de operación, nombra la pieza a la que afecta y se indica su referencia.
4. **"Severity of Effect"**: indica la gravedad del efecto que puede ocasionar el modo de fallo potencial indicado mediante una escala del 1 al 10 en la que cada número tiene asociado un determinado nivel de severidad:
 1. Sin severidad: el fallo no tiene efectos perceptibles en el funcionamiento final del producto y la probabilidad de que el cliente lo aprecie son muy bajas.
 2. Muy menor: la probabilidad de que el cliente note el defecto es algo mayor que en 1 aunque siguen siendo bajas, aunque no afecte al correcto funcionamiento del producto.

3. Menor: el producto sigue pudiendo cumplir su función correctamente, aunque hay alguna probabilidad, aunque muy baja, de que el producto de un fallo.
 4. Muy baja: la probabilidad de que el cliente note el defecto es alta, aunque no afecte al correcto funcionamiento del producto.
 5. Baja: el producto funcionará, pero a rendimiento reducido y con una degradación gradual del mismo, con lo que el cliente estará insatisfecho.
 6. Moderada: algunos componentes pueden dejar de estar operativos, lo que generará que el cliente esté descontento.
 7. Alta: aunque el producto pueda llegar a cumplir su función correctamente, lo hará a un nivel muy reducido de rendimiento con componentes que ni si quiera lleguen a estar operativos.
 8. Muy alta: pérdida de la función primaria de la máquina, quedando inoperativa o inútil. En este punto, el cliente ya estaría muy descontento con la compañía.
 9. La más alta con posible riesgo: el modo de fallo potencial puede afectar funciones de la máquina relacionadas con la seguridad o que estén relacionadas con regulaciones vigentes.
 10. La más alta con riesgo: en este punto la probabilidad de que no se cumplan requerimientos legales o de seguridad es muy alta.
5. **“Potential Causes of Failure”**: identifica las posibles causas del problema. Como puede observarse en la hoja de trabajo DFMEA, puede haber varias para un mismo modo de fallo potencial.
6. **“Likelihood of Occurrence”**: al igual que antes, se usa un ranking para evaluar las posibilidades de que ocurran los hechos que darían pie al fallo correspondiente. La probabilidad asociada a cada número de la escala sería:
1. Remota: 0,01%. Apenas hay riesgo de que ocurra, esta categoría está reservada a fallos muy improbables. La probabilidad de que el producto falle a lo largo de su vida útil debido a este suceso es menor del 1%.
 2. Muy baja: 0,1%. Se usa sobre todo para problemas que ocurren en el primer año de fabricación del producto y en elementos no críticos del montaje. La probabilidad de que el producto falle a lo largo de su vida útil debido a este suceso está entre el 1 y el 5%.
 3. Baja: 0,2%. Se usa para problemas similares al número 2. La probabilidad de que el producto falle a lo largo de su vida útil debido a este suceso está entre el 5 y el 10%.

4. De baja a moderada: 0,5%. Asociada a errores ocasionales en el primer año de producción y en elementos críticos del montaje. La probabilidad de que el producto falle a lo largo de su vida útil debido a este suceso está entre el 10 y el 20%.
 5. Moderada: 1%. Asociada al mismo tipo de error que en el número 4. La probabilidad de que el producto falle a lo largo de su vida útil debido a este suceso está entre el 20 y el 50%.
 6. Moderadamente alta: 1,5%. Para fallos que se repiten comúnmente. A partir del número 6 en adelante, la probabilidad de que el producto falle a lo largo de su vida útil debido a este suceso es mayor del 50%.
 7. Alta: 2%. Para fallos que se repiten más comúnmente incluso.
 8. Muy alta: 5%. Utilizado en errores habituales de montaje.
 9. Extremadamente alta: 7%. Errores habituales de montaje.
 10. Muy seguramente fallará: >10%. Errores muy habituales de montaje.
7. **“Current Design Controls”**: existen dos categorías dentro de este campo, de prevención y de detección. En la de prevención, se proponen diferentes operaciones con el fin de prevenir que ocurran los hechos que dan lugar al potencial modo de fallo como, por ejemplo, imprimir el resumen PFMEA (será visto a continuación) o llevar a cabo un análisis de vida a rodamientos. En la categoría de detección, se sugiere mayoritariamente la ejecución de diferentes test para hallar el error antes de que la caja de transmisión continúe el proceso de fabricación.
8. **“Design Control Detection”**: se trata de una escala que mide el grado en qué se puede detectar la causa asociada:
1. Detectable casi seguro: controles de diseño demostrados detectarán una causa potencial y su subsiguiente modo de fallo con casi total seguridad. La detección ocurre en la etapa conceptual.
 2. Muy alto: posibilidad muy alta de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo, dándose la detección en una fase de diseño muy temprana mediante análisis electrónicos e informáticos.
 3. Alto: posibilidad alta de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo, dándose la detección en una fase de diseño muy temprana a través de simulaciones y modelados.
 4. Moderadamente alto: posibilidad moderadamente alta de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo. Se detecta

con tiempo suficiente antes de la producción con la ayuda de test y análisis llevados a cabo en prototipos muy básicos.

5. Moderado: posibilidad alta de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo. Se detecta con tiempo suficiente antes de la producción por medio de test y análisis ejecutados en componentes del prototipo básico.
 6. Bajo: posibilidad baja de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo. Se detecta con el tiempo justo antes de la producción por medio de test y análisis ejecutados en el prototipo más avanzado.
 7. Muy bajo: posibilidad muy baja de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo. Se detecta con un tiempo mínimo antes de la producción gracias a test y análisis ejecutados en componentes del prototipo más avanzado.
 8. Remoto: hay una remota posibilidad de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo. Se detecta con un tiempo mínimo antes de la producción mediante test de campo (serán vistos en mayor profundidad más adelante) en prototipos avanzados.
 9. Muy remoto: existe una muy remota posibilidad de que los controles de diseño detecten la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo. La detección se da después de que el producto ya esté produciéndose con normalidad y solo mediante test de campo de durabilidad en el propio producto ya verificado.
 10. Grado de incertidumbre absoluta: los controles de diseño no son capaces de detectar la causa potencial y el subsiguiente modo de fallo o ni si quiera hay un control de diseño destinado a esta causa en concreto.
9. **“Risk Priority Number”**: es el resultado de multiplicar los números correspondientes a cada error de “Severity of Effect”, “Likelihood of Occurrence” y “Design Control Detection”.
10. **“Risk Priority Level”**: a cada causa potencial se le asocia un nivel de prioridad de riesgo en función de su número de prioridad de riesgo:
- **Low**: nivel bajo de prioridad, cuando el número es menor a 20. Se representa con una L y su casilla es de color verde.
 - **Medium**: nivel medio de prioridad, cuando el número oscila entre 20 y 80. Se representa con una M y su casilla es de color azul.
 - **High**: nivel alto de prioridad, cuando el número es superior a 80. Se representa con una H y su casilla es de color rojo.

11. **“Recommended Actions”**: los responsables del proyecto proponen una serie de acciones para conseguir disminuir notablemente las probabilidades de que se dé el error determinado o incluso para suprimirlo.

A C T I O N #	Action Results			S E V	O C C	D E T	R R P N	R R P L
	Resp.	Date Due	Action Taken					

Figura 3.17: Añadido a la hoja de trabajo DFMEA John Deere.

Una vez se identifica cada modo de fallo, sus posibles causas y se rellenan el resto de campos vistos, se deben realizar acciones para disminuir los rankings o para eliminar los modos de fallo. Estas acciones pueden ser alguna de las recomendadas en el campo “Recommended Actions” o una diferente, dependerá del responsable que lleve a cabo la acción. Para llevar un seguimiento y una evaluación eficaz de las acciones, se deben rellena otros campos que están también en la hoja de trabajo DFMEA como se puede apreciar en la figura 3.17.

La utilidad de cada uno de estos nuevos campos es:

1. **“Action #”**: sirve simplemente para numerar las acciones.
2. **“Resp.”**: para identificar al ingeniero que ha realizado o va a realizar la acción.
3. **“Due date”**: si todavía no se ha realizado la acción, en este campo se establece una fecha máxima de implementación. En caso de que sí se haya ejecutado, se rellena con la palabra “completed”.
4. **“Action Taken”**: descripción de la acción.
5. **“SEV”**: para referirse al campo anterior “Severity of Effect”. En este caso, se le asigna un nuevo valor en función de la acción tomada.
6. **“OCC”**: para referirse al campo anterior “Likelihood of Occurrence”. En este caso, se le asigna un nuevo valor en función de la acción tomada.
7. **“DET”**: para referirse al campo anterior “Design Control Detection”. En este caso, se le asigna un nuevo valor en función de la acción tomada.

8. **“RRPN”**: es el “Risk Priority Number” recalculado ya que en teoría los valores de los que depende este número han disminuido y por tanto también lo ha tenido que hacer el número de prioridad de riesgo.
9. **“RRPL”**: es el “Risk Priority Level” recalculado puesto que, al depender del número de prioridad de riesgo, ha podido bajar de categoría.

Cabe destacar que la hora de elaborar una hoja DFMEA se hacen ciertas asunciones:

- 1) Todos los sistemas y componentes son fabricados y ensamblados según lo especificado por el diseño.
- 2) En el caso de que en un producto se den dificultades de fabricación o montaje, éstas serán tratadas como problemas de diseño que deben estar reflejados en el DFMEA.
- 3) El fallo puede, pero no necesariamente, darse.

Algunos ejemplos de modos de fallo potenciales que se pueden encontrar en una hoja DFMEA pueden ser:

- Grietas
- Posición incorrecta
- Aflojamiento
- Deformación
- Problemas de pega
- No cumple con la intención del diseño
- Fugas
- Cortocircuito
- Recocido
- Anti función pura
- Función solo a nivel parcial
- La función se degrada con el tiempo

3.5.1.2- PFMEA

Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA) es un documento en el que se identifican los fallos que se pueden dar en el proceso de producción de un producto y en el que se analizan sus consecuencias. Se trata de un documento muy parecido al DFMEA, la principal diferencia está en que PFMEA se centra en los fallos que pueden ocurrir durante el proceso de producción mientras que DFMEA se centra en los fallos que pueden suceder durante el diseño o proceso de desarrollo de un producto. PFMEA se aplica en los siguientes casos:

- Cuando se introduce un nuevo proceso o tecnología.
- Cuando se aplican cambios en un proceso con el objetivo de actualizarlo y de ese modo mejorar continuamente.

3.5.1.3- Plan de control

El plan de control es un documento que reúne varios métodos de control para llevar a cabo correctamente el proceso de producción de un producto determinado. En él, se describen de forma resumida diferentes elementos que se usan en el proceso y cuáles son los más propensos a originar variaciones sobre el producto, por tanto, son los que necesitan un control más específico que el resto.

Este documento está compartido entre el departamento de calidad y el de producción, que son los que ejecutan las labores de control y evaluación sobre los procesos productivos. Una vez elaborado, se comparte con los operarios encargados de la producción del producto indicado en plan de control para que sean conscientes de las operaciones en que deben poner una especial atención.

JOHN DEERE CONTROL PLAN												
<input type="radio"/> Prototype <input type="radio"/> Pre-Launch <input checked="" type="radio"/> Production			Preparer				Date		Revision Date		Page 1	
Control Plan Number			Responsible Person				Customer Engineering Approval (If Req'd)				Date (If Req'd)	
Part Number			Supplier / Plant Approval / Date				Customer Quality Approval (If Req'd)				Date (If Req'd)	
Part Name / Description			Engineering Change Level / Revision Level A				Other Approval (If Req'd)				Date (If Req'd)	
Supplier / Plant John Deere Ibérica			Supplier ID / Code		Decision / Engineering Change Number							
Core Team Members												
Part / Process Number	Process Name / Operation Description	Machine, Device, Jig, Tools for Manufacturing	Characteristics			Key Characteristic	Methods					Reaction Plan
			No.	Product	Process		Product / Process Specification / Tolerance	Evaluation / Measurement Technique	Sample Size	Sample Frequency	Control Method	
	Proceso de montaje del bronce y del solar primario	Prensa	1	x			No gap entre el bronce y los dientes en el solar primario	Visual	1	1	Visual Check	Reprensar y contactar ingeniero de manufactura

Figura 3.19: Plan de control John Deere.

Como se muestra en la imagen, el plan de control, aunque se usa mayoritariamente en producción, también puede utilizarse en prototipos y pre-lanzamientos de algún producto.

Al igual que DFMEA o PFMEA, existen una serie de campos de datos básicos que hay que rellenar como la fecha, la referencia del producto (Part Number) sobre el que actúa el plan de control o la persona responsable.

Debajo de estos, habría que completar los siguientes campos de esta manera:

1. **"Part/Process Number"**: habrá que especificar el componente o el proceso que afecta de manera crítica al producto mediante su referencia correspondiente.
2. **"Process Name/Operation Description"**: se describe la operación asociada a la referencia anterior.

3. **“Machina, Device, Jig, Tools for Manufacturing”**: se indica cuál es el equipo, máquina o herramientas que se usan para llevar a cabo la operación anterior.
4. **“Characteristics”**: aquí simplemente se especifica el número de operación y si afecta directamente al producto o solo a los procesos siguientes de fabricación.
5. **“Key characteristic”**: se marca con una X en caso de que sea una operación clave a la hora de que el producto funcione correctamente una vez terminado.
6. **“Product/Process Specification/Tolerance”**: muestra qué requisitos o tolerancias debe cumplir el producto en esa fase del montaje.
7. **“Evaluation/Measurement Technique”**: establece de qué manera se debe evaluar o medir que efectivamente, la operación se ha realizado correctamente y se cumplen los requisitos especificados en el campo anterior.
8. **“Sample Size”**: el número de veces que el operario debe medir o evaluar que el producto cumple las especificaciones.
9. **“Sample Frequency”**: si “Sample Size” muestra un 1, entonces en este campo también aparecerá un 1 siempre, puesto que indica el tiempo que debe pasar entre una medición y la siguiente en segundos. Por tanto, este valor será distinto de 1 cuando haya más de una muestra a tomar.
10. **“Control Method”**: señala de qué manera se mide o evalúan los requisitos indicados previamente.
11. **“Reaction Plan”**: establece un plan de actuación en caso de que no se cumplan las especificaciones o de que haya algún problema a la hora de evaluar el resultado de la operación determinada.

Además, se destaca en rojo en la imagen anterior el nivel de revisión puesto que al igual que ocurría en DFMEA o PFMEA, se pueden dar cambios en el plan de control a medida que pasa el tiempo y se van detectando nuevos modos de fallo o problemas detectados en el proceso productivo. Sin embargo, se revisa completamente un plan de control cuando son varias las modificaciones llevadas a cabo en el documento. En caso de que el número no sea muy elevado, simplemente se representan en un anexo al plan de control llamado “Change History” con la finalidad de no ejecutar infinitas revisiones.

JOHN DEERE CONTROL PLAN			
CHANGE HISTORY			
Date	Division	Who Made Changes	Reason for Change

Figura 3.20: Historial de cambios del plan de control John Deere.

3.5.1.4- DPAR

Design Process and Assembly Review o DPAR es una lista de comprobaciones en las que se va registrando qué actividades deben ejecutarse para asegurar la máxima calidad en el diseño, procesado y montaje de un producto. Cada ingeniero deberá completar unas acciones diferentes y en este documento se reflejará si se ha llevado a cabo, si está en proceso o si la acción es inviable.

JOHN DEERE DESIGN, PROCESS, and ASSEMBLY REVIEW						
Date		Supplier Code			Supplier Name	Iberica
Form		Manufacturing			Supplier Location	Madrid
ECN or	Part Number	Rev.	Ver.	Part Description	QPL	Activity Level
		A			4	CRITICAL
Review Attendees (Required "sign-off" in Bold if affected)						
Functional Area						
Change Lead						
Product Engineer						
Manufacturing Engineer						
Assembly Manufacturing Engineer						
Assembly Quality Engineer						

Figura 3.21: Primera parte de un documento DPAR John Deere.

Al principio del documento habrá una serie de campos básicos, al igual que en los anteriores, que deberán rellenarse correspondientemente. Sin embargo, además de los habituales, se puede apreciar destacado, existe uno nuevo llamado "QPL" cuyo significado es Quality Plan Level y en función del nivel de calidad exigido al producto sobre el que se aplica el DPAR, se le asigna un valor que lleva asociado un significado u otro. Este valor a su vez establece cuáles son los requisitos que se necesitan para aprobar la introducción de un nuevo producto o proceso en la compañía con la finalidad de anticiparse al máximo a cualquier problema de calidad que pueda darse:

- Número 1: el nivel de actividad requerido es de escasa magnitud, solo se necesitan:
 - Orden de verificación: se trata de un documento en el que se declara formalmente que se han llevado a cabo todos y cada uno de los procesos necesarios para asegurar la calidad del producto o proceso.

<input type="checkbox"/> Change Request -or- <input checked="" type="checkbox"/> Verification Warrant (Part Submission Warrant)		
Part Number: _____	Decision No: _____	Revision Level: <u>A</u>
Part Name / Description: _____		Product Application: _____
Originator: _____	Phone: _____	Fax: _____
Supplier Name: <u>John Deere Ibérica</u>		Supplier ID Code: _____
Supplier Contact: _____	Phone: _____	Fax: _____
Reason For Submission: *Attach documentation as needed		
<input type="checkbox"/> Initial Submission	<input checked="" type="checkbox"/> Design/Material Change(s)	
<input type="checkbox"/> *Manufacturing Change (location, process, tooling, etc.) Please Specify: _____	<input type="checkbox"/> *Supplier Change (new source, source manufacturing change, etc.) Please Specify: _____	
<input type="checkbox"/> Correction of Discrepancy (Resubmission)	<input type="checkbox"/> *Other – Please Specify: _____	
Impact of Change:		
<input checked="" type="checkbox"/> Quality Improvement	<input type="checkbox"/> Reduced Lead time	<input type="checkbox"/> Increased Mfg. Efficiency
<input type="checkbox"/> Other		
Proposed Implementation Date: _____		
Submission Information: Due dates in (DD MMM YY)		
<input checked="" type="checkbox"/> Control Plan	<input type="checkbox"/> Gage R&R	<input type="checkbox"/> ISIR (Initial Sample Inspection Report)
<input type="checkbox"/> Capability Study (Cpk)	<input type="checkbox"/> Sample Parts	<input type="checkbox"/> Master Sample
<input type="checkbox"/> Material Certification	<input type="checkbox"/> Verification Test	<input type="checkbox"/> Appearance Approval Report
<input type="checkbox"/> Material Test Results	<input type="checkbox"/> Process Flow Diagram	<input type="checkbox"/> Component Performance & Reliability Assurance
<input checked="" type="checkbox"/> Part Design FMEA	<input checked="" type="checkbox"/> Process FMEA	<input type="checkbox"/> Performance Test Results
Special Notes: _____		
Submission Results (for Verification Warrant use only):		
These results meet all drawing and specification requirements: <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No (Explanation Required) _____		
Product does not contain substances in excess of the thresholds (limits) listed in the John Deere Restricted Material List (for Suppliers), (http://dsupply.deere.com/bannedchemicals/): <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No (Explanation Required) _____		
I affirm that the samples, data and information represented by this submission are representative of our parts and have been made to the applicable John Deere Drawings and specifications and are made from <u>specified materials on regular production tooling with no operations other than the regular production process. I have noted any deviations below:</u>		
Production material, tooling, and processes used? <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No (Explanation Required) _____		
Name (printed): _____	Title: _____	Phone: _____
Supplier Authorized Signature: _____		Date: _____

FOR JOHN DEERE USE ONLY		
<input type="checkbox"/> Accept Change Request	<input checked="" type="checkbox"/> Approve Verification Warrant	(For Conditional Approval only)
<input type="checkbox"/> Reject Change Request	<input type="checkbox"/> Conditionally Approve Verification Warrant	Conditions: _____
<input type="checkbox"/> Reject Verification Warrant		
Signatures:		
Quality Engineer: _____		Date: _____
Supply Management: _____		Date: _____
Design Engineer: _____ (for supplier initiated design changes only)		Date: _____
Materials Engineer: _____ (for supplier initiated material and/or special process changes)		Date: _____

Figura 3.22: Orden de verificación John Deere.

- Resultados dimensionales: resultados dimensionales proporcionados por la fase de diseño.

- Resultados materiales / metalúrgicos / funcionales: qué materiales deben usarse en el nuevo producto o proceso.
- Número 2: nivel de actividad menor, se necesitan:
 - Orden de verificación
 - Resultados dimensionales
 - Resultados materiales / metalúrgicos / funcionales
 - Inspección de piezas experimentales: documento que explique qué tipos de inspección se han llevado a cabo sobre las piezas experimentales y sus resultados.
 - DPAR (este documento)
 - Plan de control
 - Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R): se trata de una evaluación de los sistemas de medida utilizados para la inspección y medición de piezas relacionadas con el nuevo producto o proceso.
 - Estudio de capacidad para las características clave: diferentes estudios estadísticos de capacidad.
- Número 3: nivel de actividad mayor, se necesitan:
 - Orden de verificación
 - Resultados dimensionales
 - Resultados materiales / metalúrgicos / funcionales
 - Inspección de piezas experimentales
 - DPAR (este documento)
 - Plan de control
 - Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R)
 - Estudio de capacidad para las características clave
 - Revisión geométrica funcional: en la que se verifica que la geometría del producto es la adecuada y responde correctamente a su función.
 - Verificación de apariencia: documento en el que se verifica que la apariencia del producto es la requerida por el cliente. Esto sobre todo se pide para cajas de transmisión visibles en el vehículo correspondiente.
 - Mapa de proceso / Diagrama de flujo: como VSM, visto en el Capítulo 3.
 - PFMEA
 - Resultados de las pruebas de verificación funcional del proveedor: resultados verificados por el proveedor en las piezas que influyan en el proceso de producción del producto determinado.
- Número 4: nivel de actividad muy superior, se necesitan:
 - Orden de verificación
 - Resultados dimensionales
 - Resultados materiales / metalúrgicos / funcionales
 - Inspección de piezas experimentales

- DPAR (este documento)
- Plan de control
- Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R)
- Estudio de capacidad para las características clave
- Revisión geométrica funcional: en la que se verifica que la geometría del producto es la adecuada y responde correctamente a su función.
- Verificación de apariencia: documento en el que se verifica que la apariencia del producto es la requerida por el cliente. Esto sobre todo se pide para cajas de transmisión visibles en el vehículo correspondiente.
- Mapa de proceso / Diagrama de flujo: como VSM, visto en el Capítulo 3.
- PFMEA
- Resultados de las pruebas de verificación funcional del proveedor: resultados verificados por el proveedor en las piezas que influyan en el proceso de producción del producto determinado.
- DFMEA

Como se puede comprobar, tan solo en el nivel 4 de calidad se necesita el DFMEA y a partir 3, el PFMEA. Siempre que se crea un nuevo producto y no se está ante una situación de cambio de cambio dimensional de una sola parte o algo por el estilo, se establece un Quality Plan Level superior a 3.

JOHN DEERE DESIGN, PROCESS, and ASSEMBLY REVIEW				
TOOLING RELEASE PLAN				
Part Number	Revision	Tooling Description	Tooling Cost	Release Tooling?
Tooling release approved by:				
The list of items below should be considered when conducting a DPAR. Documentation of the DPAR results should be recorded in the on-line tool. C = Complete; I = In Process; N = Not Applicable				
C-I-N	DESCRIPTION		COMMENTS	
1 DESIGN REVIEW (Print or Model)				
I	1,1	Review geometric dimensioning and tolerancing	OK	
C	1,2	Review drawing/model format for clarity and completeness	OK	
C	1,3	Review design and functional requirements	OK	
C	1,4	Review John Deere / Supplier test plan and test	OK	
I	1,5	Review tolerances for manufacturability	OK	
C	1,6	Review all applicable specifications & standards	OK	
N	1,7	Identify key design characteristics from Design Reviews & other sources	N/A	

Figura 3.23: Segunda parte de un documento DPAR John Deere.

Después de los campos mencionados, se pasaría a la segunda parte del DPAR que es la que se puede apreciar en la imagen. En ella es posible pedir herramientas en el Plan de lanzamiento de herramientas o Tooling release plan, como aparece en el DPAR mostrado, y se muestran también las acciones necesarias para completar el DPAR.

Para que el lanzamiento de una nueva herramienta para el proceso de un producto sea aprobado, se deben rellenar los campos de la revisión en la que se pide, la descripción de la herramienta y para qué se utilizará y su coste.

En el caso de las acciones, hay tres apartados diferentes: Design Review, Process Review, Assembly Review y Packaging Review. Todas ellas tienen el mismo formato que la primera, que es el que se muestra en la imagen. Cada acción debe completarse con una C (Complete), I (In process) o una N (Not applicable) en función del estado de la tarea. Adicionalmente se pueden añadir comentarios en caso de que sea necesario para justificar el estado de la acción correspondiente.

3.5.2- Fase de proceso de producción

En este apartado se verán los procesos que se ejecutan para asegurar que la producción de las cajas de transmisión John Deere se hace adecuadamente, evitando así cualquier problema de calidad en el producto que le llega finalmente al cliente.

3.5.2.1- Actuación ante elementos críticos de montaje

Conocer las particularidades de cada una de las piezas que se montan es fundamental para ensamblar una caja de transmisión. Por ello, se forma a cada operario de manera que pueda familiarizarse con los elementos que más problemas suelen dar, más conocidos como elementos críticos de montaje. Estos elementos son:

- 1) Rodamientos: un rodamiento es un elemento mecánico que permite el giro de un eje dentro de una carcasa. Existen de varios tipos como, por ejemplo, de bolas o de agujas:



Figura 3.24: Rodamiento de bolas. [14]



Figura 3.25: Rodamiento de agujas. [15]

Al montar el rodamiento, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- No debe quitarse la capa aceitosa protectora ya que ésta evita golpes y roces, además de la caída de polvo o virutas dentro de él.

- El montaje se realiza con buterolas y el no causar ningún daño al rodamiento depende, en gran medida, de que la buterola esté en buen estado.
- Se debe alinear de forma correcta, perpendicularmente, el eje y el rodamiento. Si la alineación no es correcta, se acabará rompiendo el rodamiento debido al esfuerzo extra que soportará el rodamiento.

2) Retenes: un retén es un elemento de estanqueidad que evita fugas y la entrada de impurezas en un sitio cerrado, como puede ser una caja de transmisión.

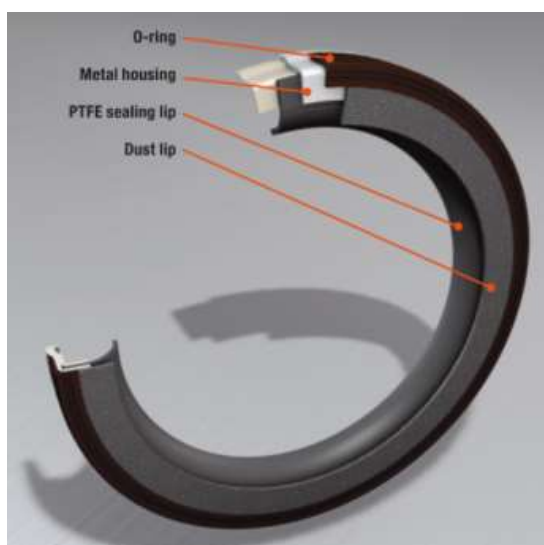


Figura 3.26: Retén y sus partes. [16]

Al manipular un retén se debe hacer con un cuidado extremo y de la siguiente manera:

- No tocar el labio (parte interior blanda) del retén debido a la posible introducción de suciedad. Asimismo, se deben evitar los roces al máximo, ya que se pueden producir arañazos microscópicos en el labio, principal causa de fugas de aceite en una caja de transmisión.
- Engrasar los retenes uno a uno sin formar pilas con la cara interior hacia el operario con el fin de visualizar mejor lo que se está haciendo.
- Usar una camisa (elemento protector del retén) que esté en buen estado, para que ninguna imperfección en la camisa pueda arañar el retén.
- El retén debe estar totalmente perpendicular al eje.
- Dado que el retén podría decirse que es el más crítico de los elementos de montaje, el operario debe asegurarse de que el aro metálico no está oxidado y de que el labio no presenta arañazos. Si no se está totalmente seguro es mejor

descartar ese retén puesto que un retén defectuoso hará fugar a la caja de transmisión con total seguridad y habrá que reprocesarla.

- 3) Anillos elásticos: un anillo elástico es un elemento de sujeción adecuado para la transmisión de fuerzas axiales. Su función es, por lo tanto, sujetar, no unir.



Figura 3.27: Anillo elástico. [17]

El montaje de un anillo elástico se debe llevar a cabo de la siguiente manera:

- Usando unas tenazas dotadas de un dispositivo limitador de apertura y/o conos de montaje. Si se montan con una herramienta que no disponga de alguna de las dos características mencionadas, se podría deformar el anillo, lo que llevaría a la rotura de la pieza por no poder soportar adecuadamente las cargas axiales.
 - El anillo elástico debe ajustarse adecuadamente a la ranura del eje en el que vaya ensamblado.
 - No se deben reutilizar anillos que hayan sido extraídos de forma errónea anteriormente (con destornilladores, palancas, etc.).
 - El alojamiento en el que va montado el anillo debe estar limpio y libre de cualquier impureza.
- 4) Tornillería: un tornillo es un elemento de unión entre piezas que se produce al aplicar una fuerza a través de un par de apriete. Para que los tornillos ejecuten correctamente su función:
- Todas las roscas tienen que estar libres de golpes, aceites, polvo, virutas o sustancias no identificadas.
 - La herramienta usada para atornillar y dar el par de apriete debe estar en buen estado y con la calibración en vigor.
 - Se deben apuntar los tornillos a mano y posteriormente, aplicar la herramienta.

- 5) Juntas tóricas: también denominadas “O-Ring”, son unas juntas habitualmente de goma cuya función, al igual que la de un retén, es asegurar la estanqueidad de fluidos en ejes.



Figura 3.28: Juntas tóricas. [18]

Al montarlas se tiene que comprobar que la superficie está bien y también deben mantenerse adecuadamente realizando las siguientes operaciones:

- Limpiando la zona en la que irán alojadas antes de posicionarlas.
 - Lubricándolas, con el mismo aceite con el que va llena la caja de transmisión puesto que si se mezclan aceites diferentes, las juntas tóricas se pueden descomponer y producirse fugas.
 - Utilizando medios de protección adecuados (camisas) y en buen estado.
 - Evitar las deformaciones, los roces o el contacto con cantos vivos.
 - No se pueden reutilizar.
- 6) Grupos cónicos: un grupo cónico es un elemento de transmisión de potencia entre ejes no paralelos que, además, aplica una relación de cambio.



Figura 3.29: Grupo cónico. [19]


A la hora de manipular un grupo cónico debe tenerse en cuenta:

- Comprobar que no hay golpes en los dientes y en las zonas rectificadas.
- Verificar que estén limpios, libres de polvo y viruta.

- El punto de cono, que es la intersección de los ejes del piñón y la corona, debe quedar como se especifica en plano. La posición del punto de cono se asegura reglando tanto el juego axial (desplazamiento de los ejes) como el juego entre dientes (espacio que existe entre dientes de engranajes).

3.5.2.2- Política de no avanzar material defectuoso

En el caso de que el operario tenga la más mínima sospecha de la existencia de algún defecto o de que algo no funciona como debería una vez que está montada la caja de transmisión, el mismo operario debe registrarlo y avisar al siguiente nivel de supervisión para que dicha caja no avance hasta llegar a cliente.



POLITICA DE NO ENTREGAR MATERIAL DEFECTUOSO

FECHA	Nº OPERARIO	REFERENCIA	MOTIVO	DECISION	ACCION TOMADA	FECHA	AUTORIZADO POR

Figura 3.30: Hoja de Política de no entregar material defectuoso John Deere.

Esta hoja está situada en todos los puestos de montaje final de cada producto de cada minifábrica en John Deere Ibérica. Cada operario tiene que identificarse cuando notifica una caja defectuosa, asimismo debe identificar la caja y explicar el motivo de la retirada del producto. Más tarde, el supervisor o la persona autorizada decide si finalmente la caja realmente se rechaza o si se toma una decisión diferente.

En caso de que el supervisor tenga dudas sobre el defecto encontrado, debe consultárselo al ingeniero de calidad correspondiente para que se puedan llevar a cabo análisis más exhaustivos sobre el producto defectuoso.

Adicionalmente, cuando se encuentra un problema de calidad se deben tomar más acciones en la línea de producción con el fin de no repetir el defecto:

- Continuar con la producción de forma habitual en caso de que se haya tratado de una falsa alarma.
- Verificar todos los lotes de las piezas involucradas en el montaje de la caja que han dado problemas.
- Cambiar de herramienta o de útil.
- Segregar posibles cajas con el mismo defecto.

e) Parar la producción.

De esta manera, es posible evitar que no una, sino un lote entero llegue defectuoso a cliente y se generen problemas de calidad irreversibles en el montaje final de cosechadoras y otros tipos de vehículos, haciendo así posible cumplir la premisa cero defectos a cliente.

3.5.2.3- Auditorías volantes

Una auditoría volante es un proceso en el cual se audita o comprueba que toda la manipulación y montaje de los elementos críticos, de los que se ha hablado anteriormente, se hace correctamente. Los objetivos de este proceso de gestión de la calidad son los siguientes:

- Evitar recurrencia en problemas conocidos.
- Asegurar un seguimiento de procesos críticos.
- Dar visibilidad e importancia al trabajo bien hecho.
- Conseguir los cero defectos o incidencias de calidad en el proceso productivo acorde con Lean Manufacturing.

El proceso consiste en que un auditor interno de John Deere Ibérica revise cada semana determinadas acciones llevadas a cabo por los operarios que tienen que ver con los elementos críticos de montaje que han sido causa de problemas de calidad que han acabado llegando a cliente. También se comprueba que se esté haciendo un uso adecuado de los *Poka Yokes* y que se estén cumpliendo los objetivos propuestos por las 5Ss.

Cada semana se hace una auditoría volante por cada minifábrica y se registran los resultados de la auditoría en un registro común a los auditores y los ingenieros de calidad para que se pueda ir observando la evolución del proceso de fabricación la fábrica.

Esta misma evolución es comunicada al final de cada mes a los ingenieros de producción y manufactura y a los supervisores de cada minifábrica con la intención de que también sean conscientes de la actuación de los operarios de la minifábrica.

En el checklist o registro de seguimiento semanal, los ingenieros de calidad deben rellenar unas columnas, que serán lo que el auditor debe ir a comprobar:

- 1) Minifábrica a la que pertenece el montaje del producto que se va a auditar.
- 2) Producto cuyo montaje se auditará.
- 3) Modo de fallo JDISA, el tipo de modo de fallo ante el que se está que puede ser:
 - a. 5Ss
 - b. Material NC (No Conforme)
 - c. Proceso
 - d. *Poka Yoke*
 - e. Retén
 - f. Pintura
 - g. Trazabilidad

- 4) Modo de fallo del producto, etapa en la que surgen los problemas.
- 5) Ítem a revisar, qué es lo que realmente hay que verificar que se hace correctamente.
- 6) Prioridad (1=alta prioridad; 2=prioridad media; 3=prioridad baja), la prioridad se asignará en función de lo recurrente o graves que sean las consecuencias del fallo.

Minifabrica	Producto	Auditor	Modo de fallo JDISA	Modo de fallo de producto	Item a revisar	prior	Veces auditado	Cantidad OK 12 última	%NOK	W39	W40	W42	W43
CL	Picking Unit	Carlos	Material NC	Visor	Roto/torica instalada	1	15	9	0%	OK	OK	OK	
CL	Row Unit	Carlos	Proceso	Viruta del espaciador en el eje	Hay viruta? Se ha limpiado?	1	14	4	28%	OK	OK	OK	
CP	5speed	Carlos	Proceso	Trazador	Se revisa bien en banco?	1	8	5	13%				
MF	Mando Magma	JSM	Trazabilidad	Trazabilidad E&E	Revisar que todos los codigos estan presentes: ipk linea + scrap	1	7	5	0%				
MF	Chopper box	JSM	Trazabilidad	Trazabilidad aprietes	Secuencia correcta cosido de carcasas	1	3	3	0%				
CP	Prodrive	JAZ	Proceso	Tornillo CV - se aceitan los tornillos?	Par de apriete	1	7	2	14%	OK	OK	OK	N/A
MF	Chopper box	JSM	Poka Yoke	Timing	Uso del poka-yoke de timing	1	5	4	0%				
CP	MEG	Carlos	Pintura	tapon caido	Revisar tapones en pintura	1	14	8	0%	OK	OK	OK	OK
CP	5speed	Carlos	Proceso	tapon CV falta	Revisar tapón CV y resto de tapones en pintura	1	10	6	0%	OK	OK	OK	
MF	Mando Magma	JSM	Pintura	Tapa Tuerca Almenada	Comprobar que no estén fuera de su alojamiento y limpieza del diametro despues de aplicar grasa.	1	8	5	13%	N/A	N/A	N/A	N/A
MF	Sugar	JSM	Proceso	Staking	Revisar deformacion y par de retencion adecuados	1	11	9	0%	N/A	OK	OK	OK
CP	MEG	Carlos	Material NC	Spool CV	Revisar si los taladros del spool tienen rebabas	1	16	10	6%	OK	OK	OK	OK
CP	Prodrive	JAZ	Material NC	Sensores NOK	Fallo en banco. Paso PBS	1	15	8	13%	OK	NOK	OK	OK
CP	Prodrive	JAZ	Proceso	Rotura tornillos carrier	Secuencia de apriete según HDM	1	8	5	0%	OK	OK	OK	N/A
CP	MEG	Carlos	Proceso	Rodamiento separator no llega a pos	Galguear el rodamiento grande del palier sepa	1	8	4	25%	N/A	N/A	OK	N/A
CL	Chopper	Carlos	Reten	Fugas input	Estado útiles y camisa	1	15	7	13%	OK	OK	OK	
CL	kd	Carlos	Proceso	Retén no cala bien	posición retén	1	12	9	0%				
CL	Row Unit	Carlos	Reten	Fugas eje hueco	Estado útiles y camisa	1	15	6	33%	NOK	OK	OK	
CL	kd	Carlos	Proceso	Respiradero bloqueado	Loctite en respiraderos premontados	1	11	8	0%				
MF	Sugar	JSM	Proceso	Reglaje rodamiento	Auditar par de arrastre	1	12	10	0%	N/A	OK	OK	OK
CP	Prodrive	JAZ	Proceso	Reglaje NOK. Puesto 1	Premontaje flores. Rodamiento llega a posicion	1	14	6	23%	OK		OK	NOK
MF	Mando Magma	JSM	Poka Yoke	PY	Confirmar que PY de chaveta esta en automatico	1	4	3	0%		N/A		
MF	Mando Magma	JSM	Proceso	Posicion del cenicero	Revisar que el cenicero quede alineado con la superficie de arriba	1	8	6	0%		N/A		

Figura 3.31: Registro de auditorías volantes semanales John Deere.

El auditor deberá rellenar las columnas bajo el nombre “WX” como, por ejemplo, “W39” como se puede ver en el registro adjunto. Cada una de esas semanas corresponde al número de semana del año en la que se está (Week 39). El auditor podrá escribir en cada celda:

- **OK:** en caso de que el proceso auditado se esté ejecutando correctamente.
- **NOK:** en caso de que no se esté ejecutando correctamente, en cuyo caso se añadirá también un comentario explicando qué es lo que se está haciendo mal (las celdas con la esquina superior derecha marcadas en rojo, indican que hay un comentario en ellas y puede visualizarse simplemente pasando el cursor sobre las mismas).
- **N/A:** en caso de que el operario haya intentado auditar el proceso correspondiente pero no haya podido porque no se esté ejecutando precisamente en ese momento o motivos similares. En este caso, el auditor también especificará por qué no ha podido auditar ese punto mediante un comentario en la celda correspondiente.

Automáticamente, se calcularán las columnas de “veces auditado”, para que pueda verse el grado de seguimiento proporcionado a ese punto, “%NOK” y “Cantidad OK en las 12 últimas semanas”. Este último se calcula porque si un punto llega a obtener OK en sus últimas 12 auditorías (equivalente a 3 meses) podrá considerarse que la revisión de ese proceso ya no es necesaria porque se lleva a cabo correctamente y no da ningún tipo de problema.

3.5.2.4- SPC

Un proceso estadístico de control o SPC (Statistical Process Control) intenta medir la variabilidad entre un proceso y otro y fijar unos objetivos para controlarla y reducirla. El proceso productivo es el que dota de una variabilidad diferente a cada producto, puesto que un proceso es una combinación de máquinas, personas y materias primas que no siempre actúan de la misma manera sobre el producto final.

No todos los factores implicados en un proceso afectan de la misma manera a la caja de transmisión, ya que existen factores que producen continuamente variabilidad en el proceso y otros que solo la producen espontáneamente:

- Factores permanentes que producen variabilidad constante: son factores que están siempre presentes en el proceso como, por ejemplo, la precisión de la máquina. Las herramientas de una máquina se van desgastando en cada operación, por ello siempre se dará cierta variabilidad en el proceso.

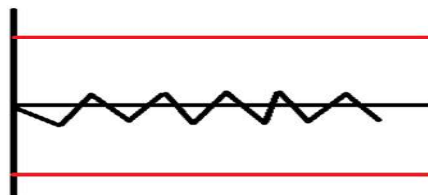


Figura 3.32: Representación de variabilidad constante y permanente.

- Factores espontáneos que producen variabilidad alta: son factores que solo aparecen en determinados procesos de manera aleatoria como, por ejemplo, la calidad de la materia prima. Si el diámetro de un eje mide más de lo establecido por plano, no se ensamblará correctamente en la caja de transmisión, afectando de manera crítica a la funcionalidad de la misma.

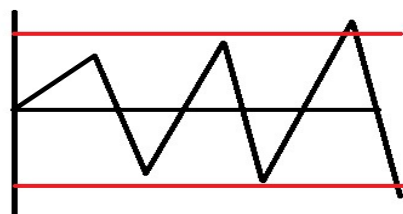


Figura 3.33: Representación de variabilidad alta y espontánea.

Los objetivos del control estadístico de procesos o SPC son los siguientes:

- Descubrir cuáles son las causas que provocan variabilidad para poder controlarlas y poco a poco intentar reducirlas mediante actualizaciones en los procesos productivos.
- Actuar según lo indica la HDM (Hoja de Datos Mecánicos), en la que viene especificada todos y cada uno de los pasos a la hora de ensamblar una caja de transmisión, además del Plan de control correspondiente al proceso que se llevará a cabo, para no dejar de producir con la calidad requerida.

JOHN DEERE		Referencia	Nivel diseño	TasklistID/Task ID	Dispositivo	Descripción
		DE20822	McKinley	ver hoja 0	F67-10-17191-D	Unil
		DE31312	Sugar Cane	Producto	Kit	Poka Yoke F85-12-15192
		McKinley + Sugar Cane				
		Documento	Operación	Página		
		10	14			
▲	TQC					
■	Contenido de trabajo	Nombre	Fecha			
■	Verificación	C. Florin	03/04/2014	Actualización nivel de diseño		
		C. Florin	19/10/2015	Nueva referencia Sugar Cane		
		C. Florin	23/11/2016	Nueva referencia Sugar Cane DE31284		
		C. Florin	08/03/2017	Protecciones de pintura en Cubo		

MONTAJE FINAL

1. Colocar útil anti giro

2. Dar aceite a todo el retén del carrier

3. Pulsar botón para meter carro a zona robot para que coloque el cubo.

8. Colocar útil prensado cubo

9. Activar prensa (presión A=40bar). Botonera Derecha de la Prensa

4. Seleccionar modelo en trazabilidad

5. Leer con pistola de trazabilidad etiqueta de frenos.

Aceite limpio Hy-Guard JDM J20C (UN6025)

10. Colocar útil anti giro del carrier

11. Colocar tuerca CE19652. Girar primero a la izquierda y una vez colocada apretar manualmente para llegar a tope.

6. Colocar pegatinas de protección de pintura en el cubo s/fotos.

MONTAJE SOLO SUGAR CANE

7. Introducir en trazabilidad los valores de planitud de cubo y carrier que vienen anotados en las piezas

12. Cargar kit Poka Yoke

UTILIZAR TPAOS SIN HILOS SUELTOS EN TODA LA LINEA DE MONTAJE

Figura 3.34: Detalle de una HDM John Deere.

Para poder realizar el SPC, cada operario debe rellenar una carta de control en la que se irán anotando las medidas de ciertos parámetros críticos a la hora de montar una caja de transmisión para poder así observar las variaciones por proceso. Solo deben ser medidos los parámetros que así se indique en la HDM. Cada puesto dotado del proceso SPC está provisto de una carpeta con cartas de control.



Figura 3.35: Carpeta de cartas de control en puesto en John Deere.

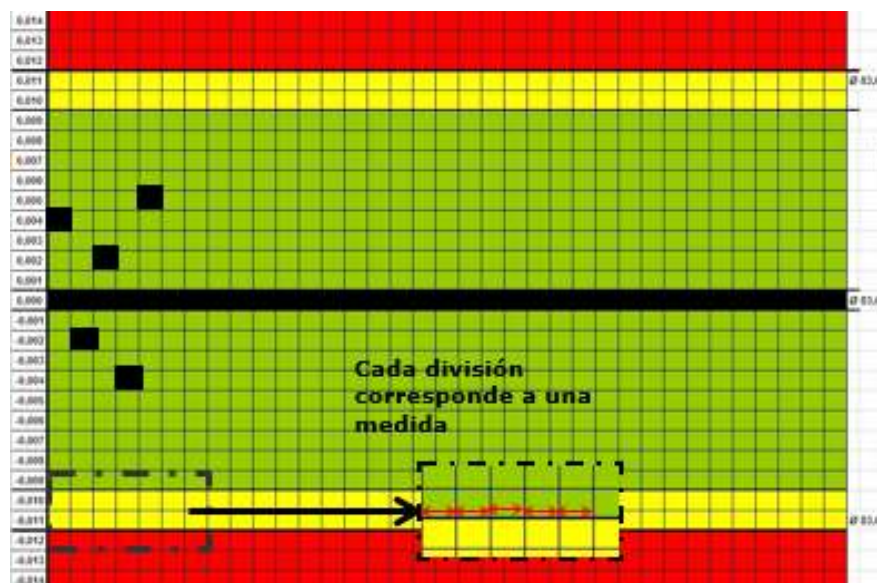
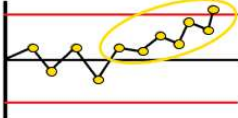
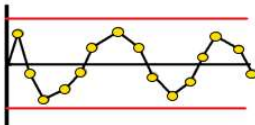
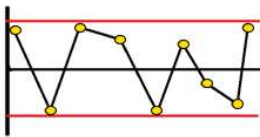
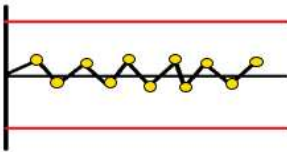


Figura 3.36: Carta de control John Deere. [20]

Una vez que la carta de control está completamente rellena, los ingenieros de calidad se encargan de procesar por ordenador estos datos estadísticamente. El programa que se usa para ejecutar estos cálculos es Statgraphics Centurion. Si la variabilidad del proceso excede los límites especificados, el departamento de ingeniería de producción deberá corregir el proceso.

Gracias a este proceso, tanto los ingenieros como los operarios serán capaz de entender y predecir los problemas que puedan estar ocurriendo en el proceso mediante los siguientes factores:

- **Tendencia** 
- **Periodicidad** 
- **Inestabilidad** 
- **Sobre estabilidad** 

3.5.2.5- Trazabilidad

Una de las formas más efectivas de identificar a tiempo problemas de calidad es mediante el análisis de datos, por tanto, el sistema de trazabilidad de John Deere es uno de los procesos para gestionar la calidad más usados por todos los ingenieros de la fábrica JDISA.

La trazabilidad es un conjunto de acciones que permiten ejecutar el seguimiento y la identificación de un producto en concreto desde su creación hasta su destino, registrando también los procesos que se llevan a cabo sobre el mismo en las etapas intermedias, como pueden ser los sub-montajes.

En el sistema de trazabilidad, se identifica el origen de los componentes que forman cada producto, todos los procesos aplicados al producto y su distribución y localización de entrega. Gracias a toda esta información, es posible tener conocimiento de la historia y el origen asociado a cada producto único.

Por ejemplo, si se detectase un defecto en el tratamiento térmico de un lote de ejes en John Deere Ibérica después de que hayan sido montados y enviados a cliente, el sistema de trazabilidad permitiría saber con certeza en qué cajas de transmisión fueron ensamblados estos ejes para avisar al cliente con el tiempo suficiente para que no monte esas cajas afectadas en sus vehículos.

Con la trazabilidad se pueden registrar gran cantidad de datos sobre cada producto:

- Par de apriete de cada tornillo.
- Reglaje (reajuste mediante la introducción de suplementos) de los rodamientos.
- Juego entre dientes.
- Posibles fugas mediante las pruebas de fugas de cada línea o puesto.
- Fecha de montaje.
- Lotes de tratamiento térmico y mecanizado en caso de que el producto en concreto (ejes, carcasas, coronas, etc.) haya pasado por ellos.

En la siguiente imagen se muestra una pantalla de trazabilidad situada en un puesto de trabajo de la fábrica, en la que los campos en blanco con letras negras son actualizados automáticamente cuando el operario, por ejemplo, da el par a los tornillos y la herramienta manda directamente la información al sistema. Los campos en gris, son los completados por el operario que se encuentra trabajando en el puesto manualmente.



Figura 3.37: Pantalla de trazabilidad del montaje final del Crawler en JDISA.

Después, toda esta información queda almacenada en una base de datos interna de la compañía para que todos los empleados de John Deere Ibérica puedan acceder fácilmente a toda la información.

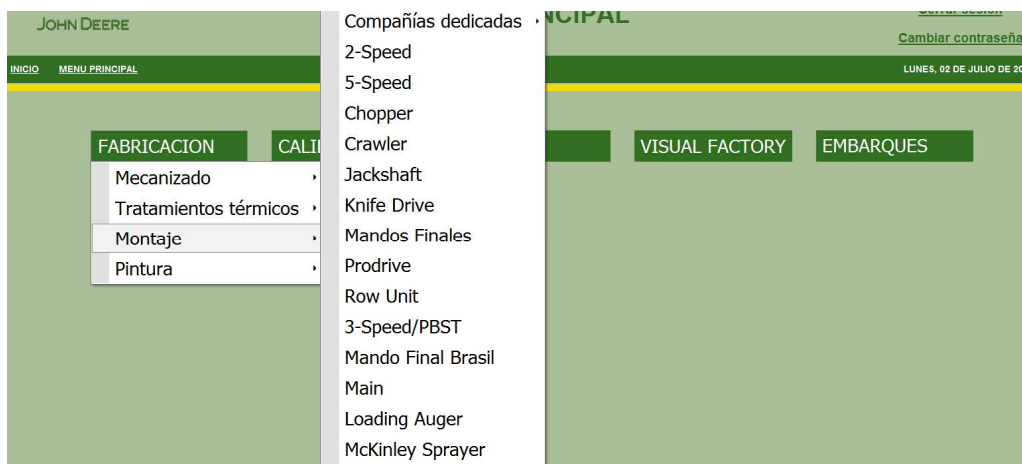


Figura 3.38: Selección del producto del que se quieren ver los datos de trazabilidad.



HORA	PUESTO	CÓDIGOS	PISTAS TAMBOR	ROD. CORONA	CORONA	ALTURAS	FUGAS	PAR ARR.	SUPLEM.	RETÉN	JUNTA FRENO	GIRA No GIRA	Nº REPR
29/06/2012													
8:48	1	MANDO: CE85WTRHEXA33	TIMKEN	TIMKEN		CARC. 16.60	PORT. -99.00	1. 0 Nim	0.00	0074036993-	No OK	No OK	0
		LAGRIMA INTRODUCIR CÓDIGO			LOTE	MANDO 45.90	FRENO -99.00	2. 0 Nim					
		PORTAPL			O-1146	FRENO -10.80	CARC. -99.00	3. 0 Nim					
		FRENO											
		MONTADORES		0001									

Figura 3.39: Informe de trazabilidad del producto.

Los campos en rojo corresponden a la información introducida manualmente por el operario en las pantallas de trazabilidad como la que se apreciaba en la figura 3.37, mientras que los campos en negro corresponden a información introducida automáticamente por los equipos automatizados de cada puesto de trabajo.

La contribución del sistema de trazabilidad en John Deere es fundamental, puesto que si la trazabilidad no fuese correcta los ingenieros de calidad no serían capaces de saber qué números de serie son los afectados cuando aparece un problema, y como consecuencia no se sabría sobre qué población de productos ejecutar medidas correctivas y de contención, generando así una incertidumbre total sobre el alcance del problema.

3.5.2.6- Acciones preventivas

El proceso preventivo tiene como objetivo evitar cualquier modo de fallo en los productos fabricados en John Deere Ibérica. Las acciones que se llevan a cabo para cumplir esa finalidad son:

1. **Formación de todos los empleados:** en John Deere Ibérica, la formación de todos los trabajadores que de una forma u otra estarán cerca del proceso de producción de una caja de transmisión es obligatoria y fundamental para que no se produzca ningún incidente.

Quando se habla de todos los empleados se abarca desde los operarios, cuya correcta formación es decisiva en el montaje de un producto, hasta ingenieros, responsables de compras, personal de mantenimiento, etc. La formación de cualquier empleado de JDISA constaría de las siguientes partes:

- I. Seguridad: es lo primero que un trabajador tiene que dominar desde el principio, en él se ven las normas generales de seguridad que se deben cumplir en fábrica y pautas de actuación ante situaciones en riesgo. Por lo general se trata de un curso de unas cuatro horas impartido por el departamento de seguridad y medio ambiente de John Deere Ibérica.
- II. Mecanizado y montaje: se aporta al nuevo trabajador una visión general sobre los procesos de mecanizado y montaje empleados en toda la fábrica mediante videos y explicaciones interactivas. Es un curso de unas ocho horas impartido por un ingeniero de calidad.
- III. Puesto de trabajo: en el caso de los operarios, se les explica detalladamente la HDM (Hoja de Datos Mecánicos). En el caso de ingenieros, planificadores de producción o encargados de compras, simplemente una persona correspondiente al departamento de recursos humanos les familiariza con su puesto. Esta formación, independientemente del tipo de trabajador que sea, suele durar unas ocho horas.
- IV. Capacitación: el trabajador nuevo debe estar trabajando junto a uno que ya tiene experiencia en la misma área durante un mínimo de cuarenta horas para adquirir todas las habilidades necesarias para llevar a cabo su trabajo correctamente.
- V. Auditoría: con el objetivo de certificar las aptitudes del nuevo trabajador para poder trabajar sin ningún tipo de ayuda, un ingeniero de calidad debe auditar al mismo cuando esté realizando sus funciones solo.

Una vez realizado este proceso de formación, el trabajador estaría preparado para contribuir a la producción de calidad en las cajas de transmisión John Deere. Asimismo, periódicamente se hacen cursos de formación extra en base a las necesidades de los empleados como, por ejemplo, el de carretillero en caso de que se necesitase un operario más con dichas habilidades para el movimiento de material.

2. **Bancos de rodaje**: un banco de rodaje es un equipo que se sitúa al final de una línea de producción de un producto o en fases intermedias. Su finalidad es comprobar el correcto funcionamiento de la caja de transmisión sometiéndola a pruebas de campo, es decir, simulando las condiciones bajo las que se situaría si ya estuviese montada en una cosechadora en funcionamiento. Son muchos los parámetros que se miden cada vez que se rueda una caja como, por ejemplo: presión, caudal de aceite, temperatura de la caja, test de fugas, etc. Gracias a los bancos de rodaje o pruebas puede verificarse que todos los parámetros estén dentro de especificación y en caso de que alguno no lo esté, evitar que el problema de calidad llegue más lejos, analizar qué ha ocurrido con esa caja y si se debe reprocesar o no mandarla a cliente directamente.



Figura 3.40: Banco de rodaje realizando una prueba de campo en John Deere Ibérica.

3. **Poka Yoke:** es la técnica que permite prevenir que los defectos se generen en el proceso de producción de un producto y se usa en todos y cada uno de los puestos de trabajo y líneas de John Deere Ibérica. Éstos están explicados con mayor exhaustividad en el apartado 3.2.
4. **TPM:** Total Productive Maintenance también es una técnica ampliamente usada en la fábrica JDISA puesto que previene errores de producción debidos a las máquinas. Este proceso también está ampliamente explicado en el apartado 3.2 de este capítulo.

3.5.2.7- Acciones de contención

El proceso de contención se inicia en el caso de que se detecte alguna no conformidad con la calidad que requieren los productos ya sea en un proceso productivo o en un producto final. Son varios los niveles de contención existentes y todos ellos dependen del nivel de no conformidad existente. La finalidad de este proceso de gestión de la calidad es asegurar que una caja mala llegue a cliente y se acabe ensamblando en un vehículo pudiendo generar problemas en el campo. Las diferentes acciones llevadas a cabo dentro del proceso de contención son:

1. **Tarjetas de identificación:** es fundamental que el material sea correctamente identificado y segregado, así como que se comparta con el resto de la organización la manera en que se ha hecho para evitar confusiones, por tanto, se usan una serie de tarjetas identificativas como las que se pueden ver a continuación.



Figura 3.41: Tarjeta de contenedor bloqueado. [21]

Se usa en el caso de que todo un contenedor se vea afectado por material no conforme que ya ha sido colocado para enviar, pero se ha detectado a tiempo que puede ser no conforme.

Figure 3.42 is a yellow rectangular card. On the left side, there is a vertical yellow bar with the text "JOHN DEERE" and a John Deere logo. The main body of the card has a black header with the text "NO USAR" in white. Below this, there are several fields for information: "Ref.:", "Cantidad:", "Razón:", "Autorizado por:", and "Dpto:". There is also a "Fecha:" field at the top right.

Figura 3.42: Tarjeta de material bloqueado.

Se coloca en cajas de transmisión o montajes que puedan verse afectados por algún problema de calidad. Se dejará esta tarjeta puesta hasta que se sepa si el material realmente es no conforme y en caso de que lo sea, hasta que se sepa qué hacer con él.

Figure 3.43 is a green rectangular card. On the left side, there is a vertical green bar with the text "JOHN DEERE" and a John Deere logo. The main body of the card has a black header with the text "MATERIAL CONFORME PARA ENVIO" in white, followed by "(Material with shipment's approval)". Below this, there are several fields for information: "Referencia / Part number:", "Cantidad / Qty:", "Razón / Reason:", "Realizado por / Made by:", and "Issue Tracking number:". There is also a "Fecha / Date:" field at the top right.

Figura 3.43: Tarjeta de material desbloqueado.

Una vez que se ha analizado el material y se verifica que es bueno, se coloca esta tarjeta y ya se puede enviar a cliente.

2. **Stop Shipment:** es un proceso por el cual se paraliza el envío de un producto en el caso de que la cantidad afectada de material sea grande. Este es un procedimiento clave para que el material no conforme no se acabe entregando a cliente y llevará asociado unas actividades de identificación de material mediante las tarjetas anteriormente vistas, de investigación y de definición de un plan de acción que solucione y prevenga recurrencias.

El proceso se inicia cuando se detecta un problema de calidad que afecta a un producto terminado pendiente de ser enviado. Las fuentes de información pueden ser las siguientes: auditoría de producto (se verá en profundidad más adelante), reclamación de cliente, aviso de proveedor o no conformidad detectada en la línea de producción o en fábrica cliente.

El ingeniero de calidad es aquel que se encarga de iniciar este proceso y de coordinarlo con el resto de departamentos involucrados: embarques, ingeniería, producción, manufactura, compras, mantenimiento, etc. Las fases del proceso serán las siguientes:

- I. Comunicación del problema al equipo de cada minifábrica y a los departamentos involucrados.
- II. Convocatoria de reunión STOP SHIPMENT: DETERMINATION CHECKLIST.
- III. Revisión de la no conformidad y decisión sobre el lanzamiento del Stop Shipment.
- IV. Identificación y localización del material afectado.
- V. Reunión de apertura y checklist de acciones.
- VI. Comunicación vía email de todo lo acordado en la reunión a las personas involucradas.
- VII. Información a clientes si procede.
- VIII. Apertura de procedimiento 8D (se verá en mayor extensión este proceso más adelante).
- IX. Convocatoria de reunión de seguimiento diario de acciones hasta que se cierre el Stop Shipment.
- X. Convocatoria de reunión de cierre de Stop Shipment.
- XI. Comunicación y confirmación de que el material no conforme está controlado y debidamente contenido.
- XII. Sesión "Lesson Learned": se trata de encontrar las deficiencias que causaron la apertura del procedimiento y se intenta que no vuelvan a ocurrir.

En la primera reunión se determinará si el problema encontrado puede afectar a:

- Seguridad:** se determinará si puede causar algún riesgo en los clientes del producto final.
- Producto:** se determinará si debido a la no conformidad, el producto final no puede conseguir los requerimientos de los usuarios finales.
- Funcionamiento:** se determinará si influye al funcionamiento o en las expectativas de vida útil de la caja de transmisión final.

En el caso de que alguno de los tres factores sea positivo, se procede a activar el procedimiento.

Stop Shipment Checklist			
Acción	Responsable	Nombre	Status
Análisis del stop shipment			
Analizar el alcance de la decisión con el material en	Team		
Decisión sobre la notificación a: clientes, repuestos,	Team		
Notificación de SS a otras unidades	OFF QE		
Notificar PDC, EPDC	Manager repuestos		
Stop Ship Decision			
Notificación del stop shipment via mail	OFF QE		
Acciones de contención y correctivas a corto plazo			
Bloquear los envíos de las referencias sospechosas	Embarques		
Bloquear envíos de las referencias de repuestos	Repuestos		
Identificar cantidades sospechosas en tránsito	Embarques		
Confirmar cantidades de material sospechoso en la mini	Lider de modulo		
Confirmar localizaciones de material sospechoso en la	Lider de modulo		
Identificar con tarjeta azul el material sospechoso	Supervisor		
Identificar con tarjeta azul el material sospechoso piezas de proveedor	SQA/proveedorE&E		
Clasificación de material en SLI	SQA/proveedorE&E		
Clasificar material de proveedor tránsito	SQA/proveedorE&E		
Clasificar material en proveedores	SQA/proveedorE&E		
Crear NCCA	OFF QE		
Determinar fechas y miembros del equipo	Team		
Identificación de causa raíz			
Convocar reunión de RCA	OFF QE		
Acciones para confirmar causa raíz	Team		
Reproceso del producto terminado			
Suministrar piezas OK a línea	SQA/E&E		
Desarrollar un proceso para el reproceso	Manufactura/Producción		
Validación del reproceso	Team		
Entrenar al personal con el proceso alternativo	OFF QE/producción		
Identificar material con tarjetas verdes incluido el mensaje	Supervisor		
Conseguir número de corte para piezas OK	Supervisor		
Desarrollar listado de números de serie OK	OFF QE		
Entrenar al personal con el proceso alternativo	OFF QE/producción		
Confirmar que TODO el material NOK está en la zona de	Supervisor		
Realizar scrap del material NOK	SQA		
Registro de los números de scrap	OFF QE		
Cierre del SS/SB			
Confirmar que todo el material ha sido reprocesado/scrapeado/liberado	OFF QE		
Liberación del SS	OFF QE		
Liberación del SB	OFF QE		
Envío de notificación de la reanudación de envíos via mail	OFF QE		

Figura 3.44: Stop Shipment Checklist John Deere. [22]

- Stop Building:** es un procedimiento muy similar al Stop Shipment, con la única diferencia de que se paraliza el montaje en lugar del envío de un producto. El proceso se inicia cuando se detecta una no conformidad que afecta a la producción actual y las fases son exactamente iguales que en Stop Shipment.

La decisión de apertura de un Stop Building se hará en función de si existe algún riesgo de montar material no conforme o no.

Stop Shipment/ Building Determination Checklist		
Fecha: Stop Shipment Coordinator (Quality Engineer or designee)		
DECISION STOP SHIPMENT		
a) Seguridad	SI	NO
b). Requerimiento de producto	SI	NO
c) Funcionamiento o vida de producto	SI	NO
d) Datos de garantía futuros	SI	NO
*Si uno de los campos anteriores es marcado como SI, se debe activar el procedimiento Stop shipment		
DECISION STOP BUILDING		
Hay riesgo de montaje y/o envío de productos NOK?		SI NO
*Si uno de los campos anteriores es marcado como SI, se debe activar el procedimiento Stop building		
INFORMACION INICIAL STOP SHIPMENT/BUILDING DECISION		
Stop shipment coordinator		
Fecha inicio proceso:		
NCCA#:		
Ubicación de la información:		
Motivo del bloqueo de envíos / Descripción del problema:		
Motivo del bloqueo de montaje / Descripción del problema:		
Asistentes Stop Shipment reunión:		
Referencia de producto o submontajes afectado:		
Referencia piezas individuales afectadas y/o repuestos:		
¿Cómo y dónde se encontró el defecto?		
Clientes potencialmente afectados		
Cliente informado (S/N)		
Rango de nº de series afectados por referencia:		
Cantidad y lugar donde se encuentra el material afectado en Iberica:		
Cantidad de material afectado en tránsito:		
Cantidad de material afectado en el cliente:		
Cantidad de material afectado en repuestos		
Plan de contención en la línea (D3):		
Análisis preliminar de la causa raíz:		

Figura 3.45: Stop Shipment/Building: Determination Checklist (primera reunión) John Deere. [23]

3.5.2.8- Acciones correctivas

Este proceso se inicia una vez se confirma que un producto está afectado por un problema de calidad. Habrá casos en los que pueda iniciarse y casos en los que no, estos serán los casos en los que no se pueda hacer nada por solucionar la no conformidad y la caja de transmisión tenga que ir directamente a "Scrap". Las acciones que se deben llevar a cabo para corregir un modo de fallo son:

1. **Reproceso:** desmontar la caja de transmisión y volver a iniciar el proceso de producción desde el punto en el que se tiene constancia de que se produjo el error. En caso de que

no se tenga claro en qué punto se originó el defecto, se debe volver a procesar la caja desde el principio.

2. **Alerta de calidad:** se trata de una hoja informativa colocada en el puesto de trabajo o línea en la que se produjo el problema de calidad con la finalidad de corregir la mala práctica que causó el defecto. A su vez, esta también es una acción preventiva en cierto modo, puesto que tiene como fin evitar que se vuelva a producir.

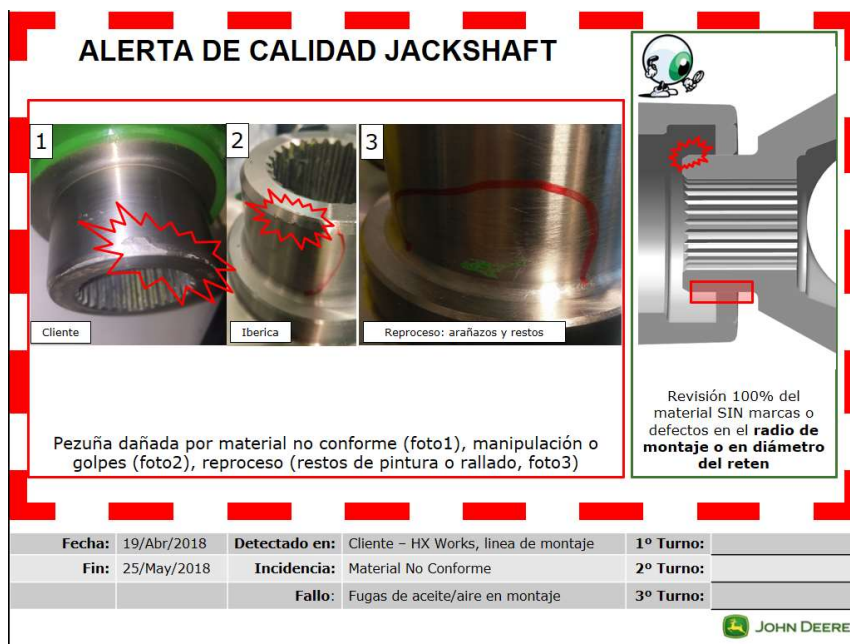


Figura 3.46: Alerta de calidad en caja de transmisión Jackshaft John Deere.

Aquí se puede apreciar un ejemplo de alerta de calidad, en el que se indica en qué cliente ha sido detectado el problema con anterioridad y qué le ocurrió, fugas de aceite/aire en montaje en este caso. También se establece un periodo de tiempo, algo más de un mes, en el que se prestará especial atención a esta etapa del montaje de la caja de transmisión Jackshaft. Asimismo, se pueden ver tres casillas para que se confirme que todos los turnos de producción son conscientes del problema y de que tienen que corregir su actuación.

3.5.3- Fase de producto

Los siguientes procesos de gestión de la calidad se ejecutan sobre productos terminados o componentes de los mismos antes de que se monten en la caja de transmisión con el fin de asegurar que la calidad requerida por el cliente está presente en el producto final.

3.5.3.1- Inspecciones

Se puede diferenciar entre varios tipos de inspecciones:

- a) Inspecciones evaluativas, en las que simplemente se clasifica el producto como “OK” o “NOK” una vez fabricado. Este tipo de inspección evita que el producto con defectos no llegue a cliente, pero no reduce la tasa de defectos.
- b) Inspecciones informativas, en las que se analiza el defecto buscándose la causa raíz del error y se ejecutan acciones correctivas. Este tipo sí que reduce la futura tasa de defectos, aunque no ha podido evitar que el defecto actual suceda. Las tres inspecciones informativas más efectivas son:
 - a. Control estadístico de procesos (SPC): como se ha visto anteriormente, se usan técnicas estadísticas para establecer límites de control.
 - b. Autoinspección: el operario revisa su propio trabajo antes de que avance en la cadena de suministro, visual y sensorialmente.
 - c. Inspección sucesiva: un operario inspecciona el trabajo hecho por el anterior, de esta manera se inspecciona el producto dos veces y las evaluaciones se hacen de forma más objetiva.
- c) Inspecciones en la fuente, se inspeccionan los factores que causan errores, no los defectos, que como ya se vio cuando se explicaron los *Poka yokes*, no son lo mismo. Este tipo de inspección reduce tanto la tasa de defectos actual como la futura ya que no deja que se origine el defecto.

En este apartado se verán las inspecciones que se ejecutan sobre los **componentes** que forman la caja de transmisión ya que se debe garantizar que todas las piezas producidas y compradas a proveedores sean montables, es decir, que cualquier pieza pueda ser ensamblada con cualquier otra para finalmente formar una caja de transmisión.

El montaje podría asegurarse si todas las piezas fueran iguales, pero es imposible por lo que se fijan unos límites dimensionales de fabricación dentro de los que cada pieza debe estar. Esto es lo que se comprobará mediante inspecciones realizadas por los siguientes equipos de medición:

1. **Pie de rey:** es un instrumento que sirve para medir, mayormente, diámetros exteriores, interiores, profundidades y resaltos. Consta de las siguientes partes:

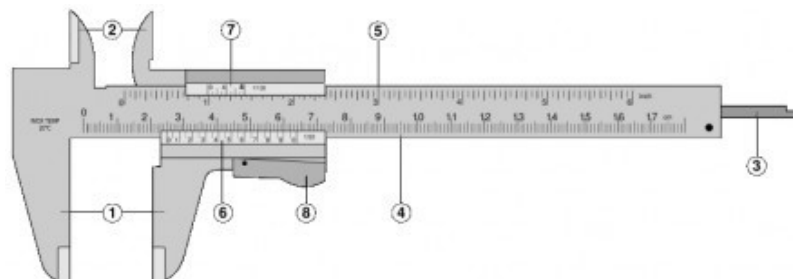


Figura 3.47: Pie de rey, partes. [24]

- 1) Mordazas para medidas externas.
- 2) Mordazas para medidas internas.

- 3) Colisa para medida de profundidades.
 - 4) Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
 - 5) Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
 - 6) Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
 - 7) Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
 - 8) Botón de deslizamiento y freno.
2. **Micrómetro:** este instrumento sirve para efectuar mediciones lineales con una gran precisión, se usa para cantidades muy pequeñas. Sus partes son:

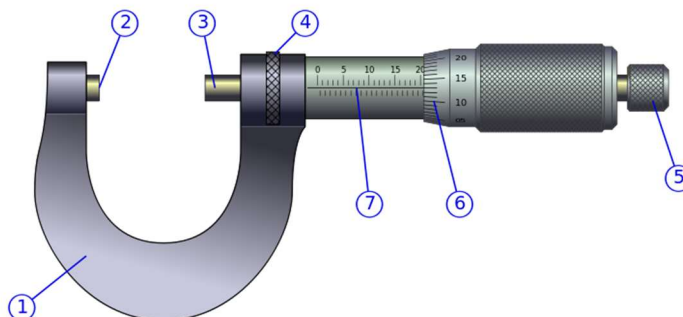


Figura 3.48: Micrómetro, partes. [25]

- 1) Arco.
 - 2) Contacto de metal duro.
 - 3) Casquillo graduado.
 - 4) Fijación del husillo.
 - 5) Carraca.
 - 6) Tambor graduado.
 - 7) Línea de referencia. Husillo.
3. **Reloj comparador:** la función de este instrumento es detectar variaciones en mediciones establecidas. Mediante su mecanismo interior, los movimientos imperceptibles en la punta de contacto se amplifican en el reloj. Este instrumento se utiliza para mediciones de centésimas y milésimas que necesitan ser muy precisas.

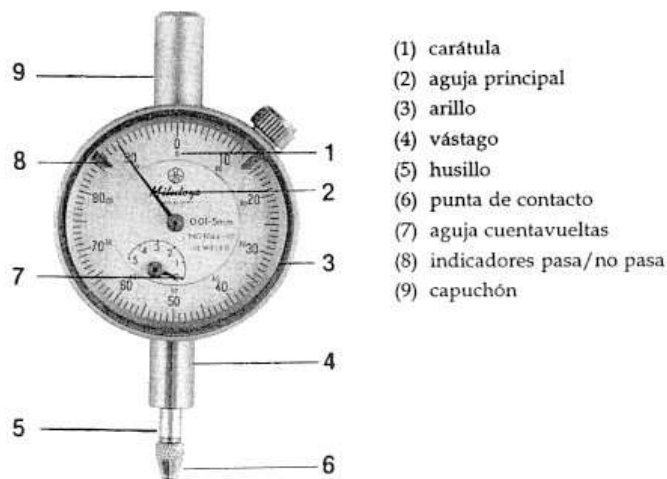


Figura 3.49: Reloj comparador, partes. [26]

4. **Patrones:** se usan como medidas de referencia para comprobar que los instrumentos de medida siguen funcionando correctamente periódicamente.



Figura 3.50: Diferentes patrones utilizados en John Deere. [27]

5. **Calibres:** los calibres suelen tener dos medidas definidas, una para el límite inferior y otra para el superior. Adicionalmente, una de las posiciones del calibre será siempre el del lado pasa (LP), que será el lado del calibre móvil, y la otra será el lado no pasa (LPN), lado del calibre inmóvil. Los calibres más usados en John Deere Ibérica son:
- a. **Tampón:** verifica que la posición de los taladros de una pieza determinada sea la correcta.



Figura 3.51: Diferentes tipos de tampones utilizados en John Deere.

- b. **Herraduras:** con ellas se comprueban diámetros exteriores.



Figura 3.52: Calibre de herradura.

- c. **Ranuras:** con ellas se comprueba la anchura de una ranura.



Figura 3.53: Calibre para ranuras.

A parte de los instrumentos mostrados en este apartado se utilizan muchos otros aparatos, mayormente en el área de Medición y Verificación del departamento de calidad, aquí se han mostrado únicamente los más sencillos y utilizados en las líneas de producción.

3.5.3.2- Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R)

Para asegurar que todas las inspecciones se llevan a cabo estableciendo un nivel de calidad óptimo, este proceso de gestión de la calidad será fundamental. Un estudio GR&R se lleva a cabo

cuando se necesita valorar si un sistema de medición es apto o no, ésta es además una de las herramientas propuestas por el enfoque Six sigma. Un sistema de medida no se trata solo del instrumento de medición, sino que se trata de la suma del instrumento y el operario que lleva a cabo la medición. Un estudio GR&R, por tanto, evalúa tanto la validez del calibre como la destreza del operario mediante los siguientes parámetros:

- Precisión del calibre: será la diferencia entre el promedio observado de mediciones y el valor real.
- Reproductibilidad: será la variación en el promedio de las mediciones realizadas por diferentes operarios utilizando el mismo instrumento de medición y midiendo la misma característica en la misma pieza.
- Estabilidad: será la variación total en las mediciones obtenidas con un sistema de medición en la misma pieza y característica durante un periodo de tiempo prolongado.
- Repetibilidad: será la variación en las mediciones obtenidas con un instrumento de medición cuando se usa varias veces por el mismo operario al medir la misma característica en la misma pieza.
- Linealidad: será la diferencia entre los márgenes de error a través del rango operativo esperado del instrumento de medición.

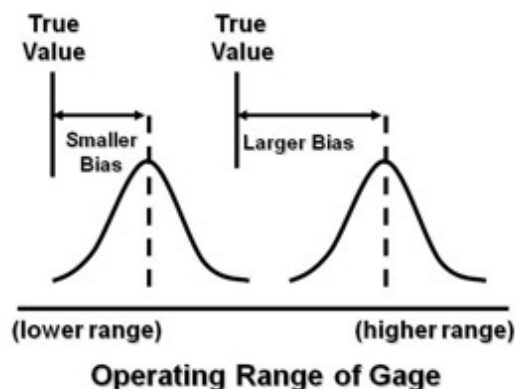


Figura 3.54: Linealidad de un instrumento de medición. [28]

Los resultados de estos parámetros se obtienen realizando mediciones sobre diez ejemplares diferentes del mismo tipo de pieza por tres operarios diferentes, en tres ocasiones cada medición y con el mismo instrumento de medida:

Classical Gauge R&R Study

3 Operators, 10 Parts, 3 Trials

Part	Operator 1			Operator 2			Operator 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	56	55	57	57	58	56	56	57	56
2	63	62	62	58	59	57	62	64	64
3	56	54	55	57	55	56	55	55	55
4	57	55	56	56	57	55	56	57	55
5	58	58	57	59	60	60	57	60	60
6	56	55	54	60	59	57	55	57	56
7	56	55	56	58	56	56	59	60	59
8	57	57	56	54	55	53	57	58	57
9	65	65	64	64	64	65	65	64	65
10	58	57	57	61	60	60	58	59	60

Figura 3.55: Ejemplo de datos de entrada de un estudio GR&R. [29]

Una vez obtenidos los resultados se debe observar si algún operario está fuera de los parámetros de control, esto significará que se está haciendo un mal uso del instrumento de medición o que no está en condiciones de efectuar correctamente las mediciones. Para tener confianza en un sistema de medición, los resultados de todos los parámetros anteriormente mencionados deben estar al menos un 20% por debajo de la tolerancia de la característica a medir de la pieza.

3.5.3.3- DOE

El diseño de experimentos o DOE (Design Of Experiments) es un proceso de gestión de la calidad que se basa en la ejecución de varios experimentos. Esta es una herramienta perteneciente a la metodología Six sigma y se usa especialmente cuando no son muchos los datos de entrada disponibles y se desea obtener conclusiones rápidas sobre la configuración de un producto. El principal objetivo de esta herramienta es la determinación del factor más influyente en un problema de calidad. Estos experimentos se realizan variando los factores y analizando el comportamiento en el producto de salida final.

Los pasos para realizar un DOE correctamente serían los siguientes:

- 1º Determinación del problema y su extensión.
- 2º Determinación de las variables de respuesta deseadas.
- 3º Determinación de factores y niveles.
- 4º Cuestionar el proceso o sistema de medición a utilizar.
- 5º Determinación de oportunidades y restricciones en caso de haberlas.
- 6º Ejecutar el experimento y registrar los resultados.
- 7º Análisis de los resultados con la ayuda del programa Minitab.
- 8º Determinación de los factores más importantes.
- 9º Mejora de los factores más importantes con el fin de evitar que el problema de calidad siga produciéndose.

Los factores a estudiar son variables independientes sometidas a investigación durante el experimento y los niveles equivalen al número de configuraciones específicas usadas para cada

factor en el experimento. Entonces, la cantidad de ejecuciones que deberán llevarse a cabo se calculará de la siguiente manera:

$$2^3 = 3 \text{ Factores}$$

$$2^3 = 2 \text{ Niveles}$$

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ Ejecuciones}$$

En la siguiente tabla de ejemplo del DOE se muestran unos factores (A, B, C) y los niveles del experimento. Los factores no tienen por qué ser numéricos también puede tratarse de la variación de una característica no numérica del factor.

Factor	Nombre	Tipo	Bajo	Alto
A	A	Numérico	10	12
B	B	Numérico	25	30
C	C	Numérico	200	250

Figura 3.56: Ejemplo de factores y niveles en un DOE.

Se registrarían a continuación las respuestas correspondientes a cada uno de los ocho experimentos una vez llevados a cabo en Minitab:

A	B	C	Y
10	30	250	1
12	25	250	2
12	30	200	2
12	30	250	6
10	25	250	-1
12	25	200	0
10	30	200	-1
10	25	200	-3

Figura 3.57: Ejemplo de factores, niveles y variable de salida en un DOE.

Una vez introducidos todos los datos en el programa Minitab, se selecciona la opción en el programa de que se ejecute el diagrama de Pareto que pueda determinar cuáles son los factores más significativos para la respuesta del experimento.

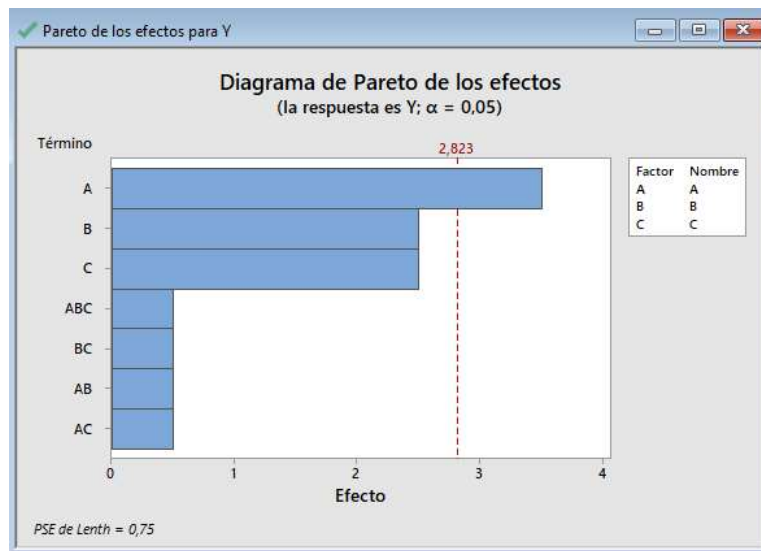


Figura 3.58: Diagrama de Pareto de los efectos de un DOE.

Para ejecutar el diagrama de Pareto de los efectos, Minitab utiliza la prueba de hipótesis en la que los factores deberán probar la hipótesis nula de que los efectos que tiene cada uno sobre la variable de salida es cero, es decir, que no influyen sobre los resultados de los experimentos.

En una prueba de hipótesis se prueba siempre la nula siendo la alternativa, que es la que prueba que por lo menos un factor sí que influye en el experimento, la que realmente se está buscando. La prueba determinará si puede rechazarse la hipótesis nula en función de si el p valor es mayor o menor que el valor de significancia, $\alpha=0,05$. Con un valor de significancia de $\alpha=0,05$ es suficiente porque da un margen de error aceptable del 5%, y si está por encima de ese 5% es que efectivamente existe relación entre los factores y los efectos y no es cero.

El p valor es la medida de la evidencia que hay presente en los datos en contra de la hipótesis nula. Cuanto más bajo es el p valor, más fuerte es la evidencia en contra de la hipótesis nula. De hecho, si el p valor es menor o igual que $\alpha=0,05$ la hipótesis nula quedará descartada y en caso contrario, no se podrá descartar. Este p valor de cada factor es calculado automáticamente por el programa analizando cada experimento y las relaciones entre los factores y cada resultado. Si el p valor de un factor o una combinación de factores determinada está por debajo del valor de significancia $\alpha=0,05$, dicho factor o combinación de factores aparecerá en el diagrama de Pareto como una barra azul que cruce la línea de referencia, que es el valor crítico de importancia determinado por el propio algoritmo de cálculo del diagrama de Pareto de los efectos para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Las barras de color azul representan el grado de efecto que produce cada factor o combinación de factores sobre la respuesta del experimento. Minitab es capaz de determinar esta medida mediante un cálculo entre la relación de un término y la variable de respuesta.

Por tanto, para este ejemplo en concreto, se puede concluir con que el factor más influyente sobre la variable es el A dado que, para un nivel de significancia $\alpha=0,05$, la barra de los efectos correspondiente a ese factor es la única que cruza la línea de referencia.

3.5.3.4- Estudio de capacidad de un proceso

Aunque el estudio de capacidad envuelva al proceso de producción, sobre lo que realmente se hacen las mediciones para llevar a cabo el estudio es sobre el producto final o sus componentes en John Deere Ibérica. Este tipo de estudios se llevan a cabo cuando existe un cambio de proveedor o cuando se da un problema de calidad relacionado con las tolerancias dimensionales de la caja de transmisión.

Entonces, un estudio de capacidad es una herramienta Six sigma también que evalúa si un proceso es capaz, es decir, si tiene la habilidad de fabricar productos no solo dentro de las especificaciones de diseño, sino dentro de las expectativas del cliente, que será lo más cerca posible de la medida nominal, que es donde se debería situar la media de las mediciones, y que además mantenga esa “habilidad” a lo largo del tiempo.



Figura 3.59: Índice de capacidad de un proceso y sus límites. [30]

La medición de la capacidad de un proceso se hace a través de dos índices:

- C_p → Mide la precisión del proceso.
- C_{pk} → Mide la precisión y exactitud del proceso.

Para mostrar mejor la diferencia entre precisión y exactitud, se muestran las siguientes imágenes:



Figura 3.60: Diferencias entre precisión y exactitud.

En la primera diana, se puede ver que el proceso es preciso, pero no exacto, por tanto, el C_p será alto y el C_{pk} será bajo.

En la segunda imagen, el proceso no es preciso, pero sin embargo las mediciones están mucho más cerca del objetivo que en la primera imagen, por tanto, es más exacto. En este proceso estarán bajos tanto el Cp como el Cpk.

En la tercera imagen el proceso no es ni preciso ni exacto, por lo que sin necesidad de hacer un estudio de capacidad ya se sabría que este proceso carece de la capacidad suficiente para que el producto final entre dentro de las especificaciones.

Entonces, se puede deducir de los índices de capacidad que el Cp será alto siempre que el proceso sea preciso y el Cpk será únicamente alto cuando tanto la precisión como la exactitud del proceso sean altas. Por definición entonces se concluye que el Cpk será siempre menor o igual que el Cp. Las fórmulas para calcular cada índice son las siguientes:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$Cpk = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \right\}$$

Siendo USL y LSL, el límite superior y el inferior de la especificación, σ la desviación estándar de las mediciones y \bar{x} la media del total de las mediciones.

En función del valor del índice de capacidad Cpk, el proceso de producción obtendrá un nivel sigma u otro:

Cpk	Nivel de capacidad sigma del sistema
2	6
1,5	4,5
1,33	4
1	3
0,67	2
0,5	1,5
0,33	1

Tabla 3.61: Niveles de calidad sigma en función del Cpk.

El nivel más alto que se podrá obtener, en el que los defectos en el producto serán un número muy despreciable, es el nivel de calidad 6 sigma. En JDISA el límite aceptable para cualquier proceso está en Cpk= 1,33, para conseguir por lo menos un nivel de calidad 4 sigma.

3.5.3.5- Auditorías de producto

En una auditoría de producto se ejecutan diferentes comprobaciones sobre el **producto final**, es decir, sobre las cajas de transmisión ya terminadas. En este caso, los auditores deberán desmontar una caja de transmisión por completo. Este proceso se lleva a cabo en caso de la caja no funcione correctamente y no se sepa con exactitud la causa raíz, entonces se procede a desmontarla para poder ver con claridad el montaje desde dentro. De la misma manera, se

auditan cajas de transmisión terminadas aleatorias, aunque no hayan presentado un problema de calidad simplemente a modo de comprobación.

Antes de proceder al desmontaje de la caja de transmisión se le hacen varias pruebas también, como, por ejemplo, mediciones del par de fuerzas de cada tornillo, pruebas de fugas, etc. Este proceso se hace con el fin de analizar el funcionamiento y montaje por completo de una caja de transmisión.

Por último, las auditorías de producto son obligatorias siempre que se va a iniciar el proceso de producción de un nuevo producto.

3.5.3.6- Scrap

Cuando se tiene un problema de calidad en un producto y no puede solucionarse ni si quiera por medio del reproceso, el último paso sería el “Scrap”, que es el término que se usa en John Deere cuando no queda otra opción que desechar un producto.

Este proceso es el menos deseable para la compañía ya que supone una pérdida productiva increíble además de un impacto económico considerable para la organización en el que hay que sumar la fuerza de trabajo usada, la materia prima, la energía, etc.

Sin embargo, es un proceso tan necesario como todos los demás puesto que, si un producto final o algún componente del mismo es defectuoso y no puede remediarse, debe ponerse inmediatamente fuera de la cadena de suministro donde no se pueda enviar a cliente ni utilizar para montar una caja.

3.5.4- Fase de gestión de reclamaciones postventa

En este punto se tratarán los procesos que se llevan a cabo en John Deere Ibérica para gestionar y solucionar los problemas de calidad ocasionados tanto a los clientes directos, siendo estos las otras fábricas John Deere que se dedican a ensamblar las cajas de transmisión de JDISA en los vehículos correspondientes, o a clientes indirectos, que son los usuarios finales del vehículo John Deere adquirido en un concesionario.

Asimismo, también se hablará del proceso de gestión de incidencias de calidad 8D perteneciente a la filosofía Lean y muy presente en todos los procesos de gestión de la calidad de las reclamaciones postventa.

3.5.4.1- Gestión de reclamaciones directas de cliente

El área de OFP (Order Fulfillment Process) dentro del departamento de calidad es el encargado de desempeñar las funciones que llevan a solucionar y gestionar adecuadamente un problema de calidad encontrado en una fábrica John Deere a la hora de ensamblar la caja de transmisión en el vehículo correspondiente. Los ingenieros de calidad pertenecientes a esta área también gestionan las incidencias de calidad internas con el fin de que no lleguen a cliente. Las “reglas de oro” para ejecutar toda la gestión de calidad de este tipo de reclamaciones son:

1. Trabajar con datos reales y no con creencias o pareceres en la definición del problema y en la verificación de la efectividad de las acciones llevadas a cabo sobre el mismo.
2. Comunicarse de forma honesta y abierta, es decir, aportar información fundamentada en datos fiables, puesto que así se genera una confianza que facilita el trabajo.
3. Llevar un seguimiento apropiado de la incidencia, es decir, no quedarse simplemente en la acción de contención, sino controlar que no vuelvan a darse ese tipo de incidencias.
4. Ser ágil a la hora de ejecutar acciones: identificación, investigación, implementación de acciones correctivas y comunicación al cliente.
5. Trabajar en equipo ya que, como se ha mencionado con anterioridad, los problemas de calidad son de toda la organización por lo que debe haber colaboración de cada departamento implicado en el problema de calidad correspondiente.

Como se dijo a la hora de definir la calidad al principio de este capítulo, el análisis de la causa raíz cuando se está ante una falta de calidad es fundamental, y hay diferentes tipos de análisis que se usan en John Deere Ibérica:

- **5 WHY'S:** se trata de una herramienta base en JDISA para identificar rápida y eficazmente causas raíces. La causa raíz se acaba deduciendo de las respuestas a las cinco por qué se hacen progresivamente. La última de las respuestas será la causa raíz, y en caso de que sea un factor fuera del alcance de la organización, se deberán centrar todos los esfuerzos y recursos en controlar la respuesta o causa inmediatamente anterior.

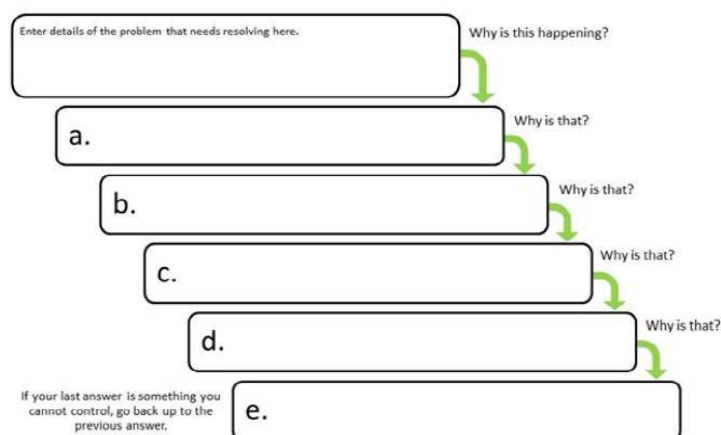


Figura 3.62: Herramienta de análisis 5 WHY'S.

- **Diagrama de Ishiwaka:** también conocido como espina de pescado o fishbone, suele utilizarse más frecuentemente en problemas sencillos donde no se den causas interrelacionadas puesto que no permite descender más de dos de niveles en los “por qué” y porque puede llegar a hacerse muy complicado y como consecuencia, se puede

olvidar la revisión de alguna de las sub-ramas. Para poder llevar a cabo el diagrama de Ishiwaka es necesario analizar las 6 Ms (en inglés):

- “Machine” → tecnología utilizada a la hora de fabricar el producto en el que se ha producido la incidencia de calidad.
- “Method” → si el método de producción realmente ha sido el adecuado.
- “Material” → si los materiales empleados han podido tener algo que ver en el modo de fallo.
- “Man Power” → cómo ha sido la actuación del operario a la hora de fabricar el producto.
- “Mother nature” → análisis del ambiente y las condiciones que han rodeado al producto afectado.
- “Management” → verificar si todo el proceso desde el diseño del producto hasta la llegada a cliente ha estado correctamente organizado y gestionado.

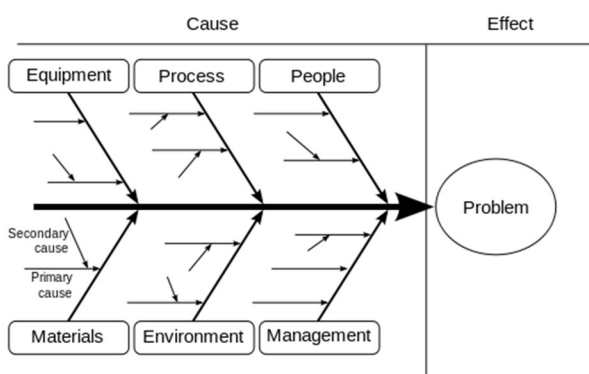


Figura 3.63: Diagrama de Ishiwaka o de espina de pescado.

- **Root Cause Tree (RCT):** el árbol de la causa raíz se suele utilizar más comúnmente en problemas complejos donde puede darse más de una causa raíz interrelacionadas, habiendo que descender varios niveles en los “por qué”.

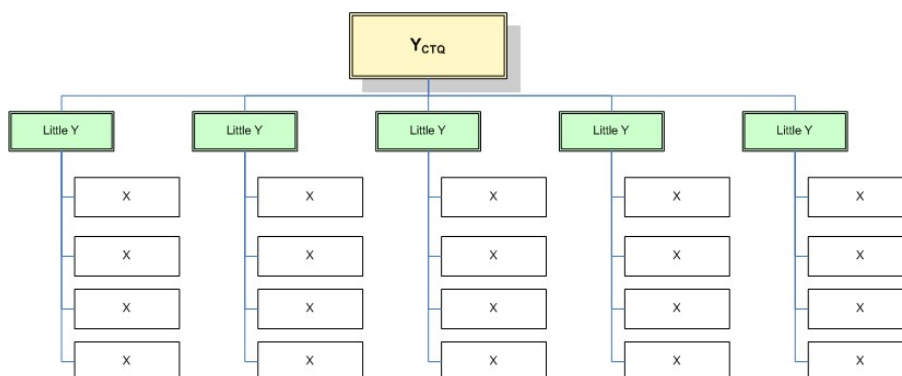
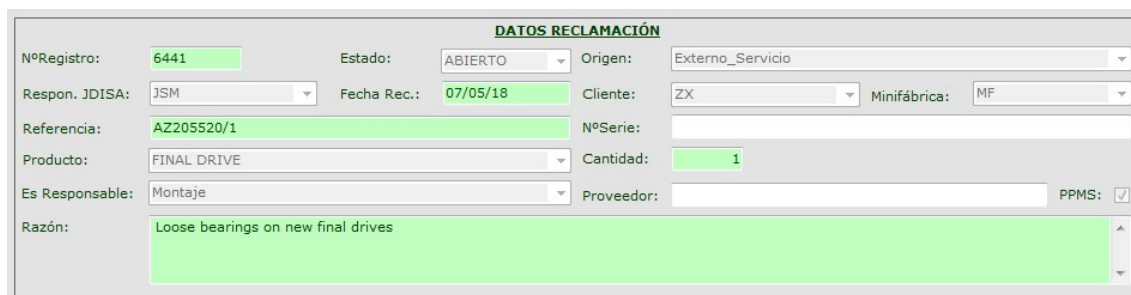


Figura 3.64: Herramienta RCT (Root Cause Tree).

Una vez identificadas las posibles causas, se deben confirmar cada una de ellas, es importante que verifiquen todas y cada una de las posibles causas listadas antes de ser descartadas. Para ello, en primer lugar, se clasificará, con el equipo de la organización correspondiente, el grado de influencia de cada causa listada en el problema; después para cada posible causa se determinará un plan para verificar que realmente lo sea; y, por último, para las causas confirmadas se establecerán una serie de acciones correctivas.

Una vez completado este análisis e implementadas las acciones correctivas pertinentes, es necesario dar un seguimiento, como en las “reglas de oro” se dicta, de cada incidencia. Este seguimiento comienza por documentar cada incidencia en una base de datos interna de John Deere Ibérica en la que se especifica el producto, la referencia, los números de serie afectados, el ingeniero de calidad responsable de ese producto en concreto y la descripción de la incidencia de calidad.



DATOS RECLAMACIÓN			
NºRegistro:	6441	Estado:	ABIERTO
Respon. JDISA:	JSM	Fecha Rec.:	07/05/18
Referencia:	AZ205520/1	Cliente:	ZX
Producto:	FINAL DRIVE	Minifábrica:	MF
Es Responsable:	Montaje	NºSerie:	
Razón:	Loose bearings on new final drives		

Figura 3.65: Base de datos de gestión de reclamaciones interna JDISA.

Adicionalmente, cuando se recibe una reclamación de cliente cuenta como una PPM (parte o pieza por millón), que acorde al enfoque Six sigma, significa defectos por millón de oportunidades. Este es un indicador de la calidad que proporciona la información necesaria para saber cuál ha sido el desempeño en cuanto a la calidad de los productos que ha tenido la fábrica y si realmente se está llegando al nivel sigma deseado (nivel 4 al menos, como se especificó previamente). El cálculo de las PPMs se lleva a cabo de la siguiente manera:

$$PPMs \text{ de calidad} = \frac{\text{Incumplimientos totales}}{\text{Piezas proporcionadas}}$$

El dato de los incumplimientos totales se obtiene de sumar el total de incidencias causadas por John Deere Ibérica a la fábrica cliente almacenadas en la base de datos de reclamaciones interna y posteriormente, se divide entre el número de productos enviados a cliente total. Este análisis suele hacerse cada año fiscal.

Un año fiscal en John Deere va desde el 1 de noviembre hasta el 31 de octubre del año siguiente. Por ejemplo, el año fiscal 2018, también denominado como FY18 (Fiscal Year 2018) o MY18 (Model Year 2018), iría desde el 1 de noviembre de 2017 hasta el 31 de octubre de 2018 y, por tanto, el 1 de noviembre de 2018 daría comienzo el año fiscal 2019.

En John Deere Ibérica se hacen una serie de reuniones periódicas para evaluar y monitorizar la actuación de la organización en cuanto a la calidad. La más significativa es la reunión “Quality Council” en la que se reúne la dirección de JDISA junto con los ingenieros calidad para revisar los principales métricos de la fábrica, entre ellos las PPMs, y avanzar en los caminos críticos de mejora de la calidad de la fábrica. Otra reunión significativa es el QIT (Quality Improvement

Team) en las cuales se reúnen los ingenieros de calidad con los empleados de cada minifábrica para saber qué se puede mejorar con el objetivo de asegurar cero defectos.

Normalmente, cuando el cliente detecta un defecto en algún producto, contacta vía email con el ingeniero de calidad de JDISA responsable de ese cliente en concreto. Entonces, en función de la magnitud del defecto y los medios necesarios para solucionarlo, se llega a un acuerdo y se decide entre las siguientes opciones:

- Reproceso y análisis del producto en la fábrica cliente pagado por John Deere Ibérica.
- Devolver el producto a JDISA para su análisis y reproceso.
- Envío de las piezas del producto afectadas por parte de JDISA a la fábrica cliente sin cargo.

Una vez se llega a una decisión óptima para ambas partes, se le comunica al cliente las acciones de correctivas y preventivas empleadas para aportar una mayor fiabilidad para futuros envíos de productos.

3.5.4.2- Gestión de reclamaciones de garantías

Las reclamaciones de garantías son producto de los fallos producidos por el vehículo en el campo en el periodo en que está en garantía y es el usuario final el que las reporta. En algunos casos estos fallos pueden ser producidos por algún defecto en una caja de transmisión y es ahí cuando el área de OFP de John Deere Ibérica también debe encargarse de gestionar las reclamaciones de garantías. Es importante decir que estos defectos son responsabilidad de John Deere únicamente hasta que acaba el periodo de garantía del vehículo, a partir de ahí Deere & Company ya no se haría cargo de ningún problema de calidad. El periodo de garantía varía en función de cada producto pudiendo ser de 6 a 24 meses.

Este proceso no solo genera un aumento en la satisfacción del cliente final, que es el usuario que acaba adquiriendo un vehículo John Deere, sino que beneficia también a consolidar la fiabilidad de las cajas de transmisión fabricadas en Ibérica. Además, también es una fuente de datos muy importante para monitorizar la calidad que está dando la fábrica y para la puesta en marcha de proyectos de mejora.

A día de hoy, es posible obtener los datos de todas las reclamaciones de cada usuario John Deere del mundo mediante una base de datos corporativa llamada Warranty Warehouse System (WWS) la cual se actualiza obteniendo nuevas reclamaciones una vez que el cliente final acude a un concesionario John Deere y da parte del problema. Existen otras bases de datos con características similares también internas a Deere & Company de las que se pueden extraer estos datos, pero esta es la que se utiliza hoy en día en el proceso de extracción de información en JDISA.

En las reclamaciones de garantías se incluye tanto la causa de la avería como la manera en que se ha solucionado de tal manera que la información sea lo más completa posible cuando un ingeniero de calidad tiene que analizarla.

El procedimiento a seguir para llevar a cabo la gestión de las reclamaciones de garantías en John Deere Ibérica es el siguiente:

- 1º Se descargan una vez a la semana las reclamaciones de WWS. Únicamente se descargan las que tengan un modo de fallo relacionado con un defecto en una caja de transmisión mediante la aplicación de filtros.
- 2º De esas reclamaciones, se clasifican los productos por minifábrica y el ingeniero de calidad de cada minifábrica se encarga de leer las nuevas reclamaciones de garantías de la semana.
- 3º Cada ingeniero hace su aportación a cada reclamación o bien cambiando el modo de fallo si este estuviese equivocado, o bien mediante la adición de comentarios extra.
- 4º Cada ingeniero lleva a cabo un análisis de los productos que han dado problemas, sus modos de fallo, de las horas de uso de cada caja, etc.
- 5º Una vez leídas y modificadas, las reclamaciones vuelven a cargarse en la base de datos WWS para que se actualicen en el sistema
- 6º En caso de haber un número considerable de modos de fallo recurrentes o incidencias graves, se ponen implementan soluciones en la fábrica para cada problema.

Adicionalmente, se desea evaluar la actuación que está desempeñando John Deere Ibérica en el aprovisionamiento de calidad a los vehículos John Deere, por lo que se estudian y evalúan ciertos parámetros. Sin embargo, estos parámetros no pueden ser medidos bajo el criterio temporal del año fiscal puesto que el uso de las cosechadoras, empacadoras y demás maquinaria agrícola no es uniforme durante todo el año debido a la estacionalidad a la que está sometida el producto que se va a recolectar. Por lo tanto, se usan los datos de las máquinas totales acumuladas en los últimos doce meses en las reclamaciones de garantías, dándosele el nombre de “Rolling 12” a este periodo variable en función del mes del año en el que se ejecute el análisis. Los parámetros a estudiar son:

- **FPM (Failure Per Machine):** o fallos por máquina, mide las reclamaciones de garantías en el periodo “Rolling 12”. El cálculo de este ratio es el siguiente:

$$FPM = \frac{N^{\circ} \text{ total de reclamaciones en los últimos 12 meses}}{MUP}$$

Siendo MUP (Machine Use Period) la media de las horas de uso de cada máquina cuando fallaron en el campo.

- **CPM (Cost Per Machine):** o coste por máquina, mide el coste total asociado a las reclamaciones de garantías en el periodo “Rolling 12”. El cálculo de este ratio es el siguiente:

$$CPM = \frac{\text{Coste total de reclamaciones en los últimos 12 meses}}{MUP}$$

- **SCW (Supplied Component Warranty):** mide el coste total asociado a las reclamaciones de garantías por proveedor, es decir, el coste de incidencias de calidad producidas por

proveedores de John Deere. La forma de medirlo es la misma que en el caso de CPM, pero teniendo en cuenta únicamente el coste de las reclamaciones de garantías ocasionadas por proveedores.

Una vez calculados y analizados estos parámetros, los gerentes de cada departamento de John Deere Ibérica se reúnen mensualmente en el Comité de garantías para revisar estos datos y establecer planes de mejora o diseño en caso de que sea necesario.

3.5.4.3- Gestión 8D

Las 8D, son las ocho disciplinas diferentes para la resolución de problemas de calidad que se usan en John Deere cuando las incidencias son recurrentes o más graves de lo normal. Las 8D son las siguientes y deben ejecutarse una tras otra para que el proceso sea efectivo:

- **D1 – Formación del equipo de expertos:** al tratarse de un problema de calidad más severo de lo normal, se deben elegir ingenieros con experiencia suficiente capaces de resolver el problema.
- **D2 – Descripción del problema (identificación):** debe definirse la incidencia de forma clara y precisa. También debe incluirse en esta fase información que pueda ser de utilidad como el modelo del producto que ha fallado, el número de serie, fecha de fabricación, etc.
- **D3 – Acción de contención y acción correctiva a corto plazo:** se debe establecer una acción de contención adecuada para el problema a tratar, así como documentar información referente al stock que se ha comprobado. En esta etapa también será necesaria la implantación de acciones correctivas, aunque sean a corto plazo dada la urgencia de solucionar el problema de calidad correspondiente.
- **D4 – Definición y verificación de la causa raíz:** uso de las técnicas de análisis de causa raíz vistas en este capítulo para llegar a una conclusión estable y segura.
- **D5 – Elección y verificación de la solución:** una vez que ya se ha encontrado la causa raíz del problema y está controlado, se deben buscar acciones correctivas a largo plazo con el fin de que no vuelva a darse una incidencia de calidad del mismo tipo.
- **D6 – Implementación de las acciones correctivas permanentes:** llevar a cabo los cambios planeados en el paso D5, ya sean de especificaciones, proceso, herramientas, calibre o equipo. También debe considerarse la opción de proveer nueva formación a los operarios o de ejecutar un cambio en el plan de control de calidad para ese producto o proceso en concreto.
- **D7 – Prevención de recurrencia:** auditar la puesta en marcha de la solución periódicamente con el fin de evitar que vuelva a producirse el suceso. Implementar, además, del mismo modo la misma solución en productos o modos de fallo similares.



- **D8 – Reconocimiento de los esfuerzos del equipo:** felicitar a los integrantes del equipo que han hecho posible la solución del problema de calidad.

Hay una interfaz web en la que se comparte toda la información referente a un proceso 8D interna a John Deere para que todos los integrantes de un equipo puedan tener la información necesaria para llevar a cabo sus tareas, cada proceso correspondiente a un problema determinado se identifica con un número distinto. Esto es, porque los ingenieros expertos encargados pueden no ser de la misma fábrica, es decir, uno puede ser trabajador de John Deere Ibérica mientras que otro puede ser trabajador de John Deere Harvester Works en Moline, Illinois. Se considera positivo que en el mismo equipo haya responsables que provienen de fábricas diferentes para proveer una perspectiva más amplia a la resolución del problema.

Este proceso de gestión de la calidad es capaz de crear una estructura de trabajo estándar y sistémica de forma que los objetivos sean comunes. Adicionalmente, cada disciplina o etapa tiene asignada un responsable y una fecha límite de cumplimiento con el fin de que el problema de calidad se solucione lo antes posible.

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Capítulo 4:

Gestión de la calidad en un caso real de reclamaciones postventa

Índice del Capítulo 4

4.1- Introducción y definición del caso	Pág. 120
4.1.1- Caja de transmisión ProDrive	Pág. 121
4.2- Obtención de datos	Pág. 124
4.3- Análisis de la causa raíz	Pág. 128
4.3.1- Análisis del lead o twist (giro) en los ejes de salida de ProDrive	Pág. 131
4.3.2- Verificación de las causas materiales	Pág. 133
4.3.3- Verificación de las causas por el método de montaje	Pág. 135
4.3.4- Verificación de las causas por la máquina de destino	Pág. 136
4.3.5- Ejecución del DOE	Pág. 137

4.1- Introducción y definición del caso

El objetivo de este capítulo es presentar a través de un ejemplo de real algunos de los procesos de gestión de la calidad descritos. El motivo de la elección de este caso en concreto es que se trata de un problema de calidad recurrente sobre el que se han llevado a cabo ciertos procesos de gestión de la calidad, vistos en el capítulo anterior, para solucionarlo. El caso escogido es un problema de fugas en el retén del eje de salida de la caja de transmisión ProDrive detectado en el campo por los usuarios finales de los vehículos John Deere en garantía.



Figura 4.1: Fuga de aceite en máquina agrícola John Deere causada por la caja ProDrive.

En el momento en el que llegan un número considerable de reclamaciones referentes al mismo modo de fallo, el departamento de calidad de John Deere Ibérica entiende que no se trata de incidencias puntuales y admisibles, por lo que se inicia un protocolo de actuación con el fin de erradicar el problema y reestablecer la calidad total.

El problema con el que se encontraron muchos usuarios finales de cosechadoras, tractores y demás maquinaria agrícola fue que la caja de transmisión ProDrive fugaba por los retenes de los ejes de salida.

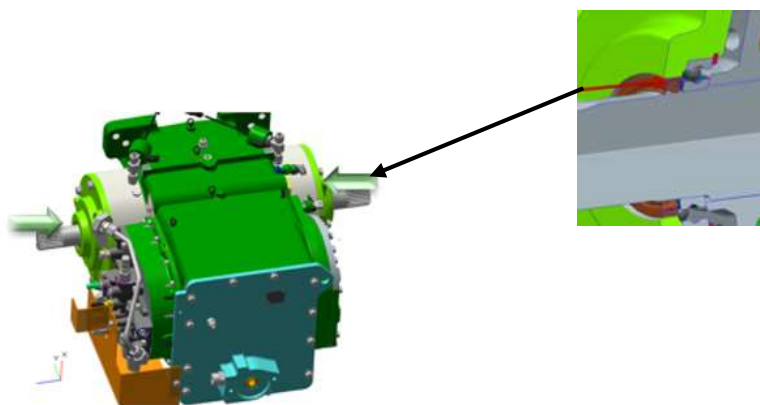


Figura 4.2: Ejes de salida de una caja de transmisión ProDrive.

Como se vio también en el capítulo anterior, los retenes son elementos muy delicados que, en caso de ser dañados antes o durante el montaje, pueden causar que la caja de transmisión fugue.

Estas reclamaciones fueron detectadas al seguir el procedimiento normal de gestión de reclamaciones de garantías explicado en el capítulo anterior. A la hora de leer las reclamaciones, se percibió un gran número de ellas presentaban este modo de fallo, por ello se decidió iniciar un proyecto de calidad de reducción de fugas en la caja de transmisión ProDrive cuyo objetivo inicial era reducir al 50% el número de reclamaciones y de esa manera mejorar la actuación de la calidad John Deere Ibérica en los próximos años fiscales.

4.1.1- Caja de transmisión ProDrive

Para entender mejor este caso, es preciso conocer la caja de transmisión sobre la que ocurre el problema de calidad y comprender la función que desempeña en un vehículo agrícola. Para empezar, la caja de transmisión ProDrive pertenece a la minifábrica de cajas pesadas debido a su peso aproximado de 400 kg.

La función de esta caja de transmisión es transferir potencia desde el vehículo, que sería la fuente de esta potencia, hasta las ruedas motrices con el fin de que puedan moverse. Se trata de una de las transmisiones más importantes del vehículo y se encuentra ubicada en la parte inferior del mismo:

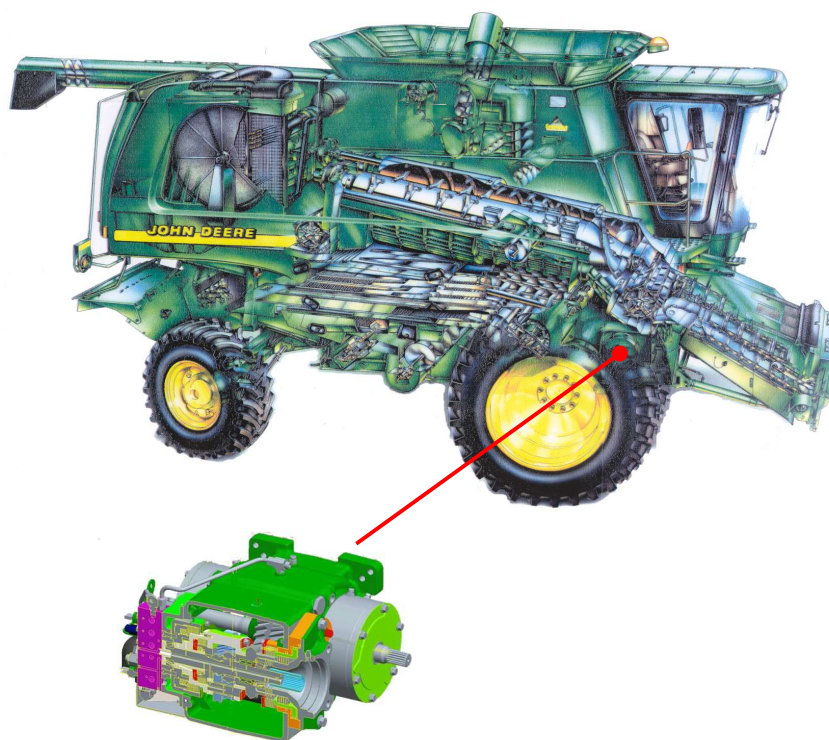


Figura 4.3: Ubicación de ProDrive en una cosechadora.

Existen varios modelos diferentes de la caja de transmisión ProDrive dependiendo del cliente y el tipo de vehículo al que vaya destinado la caja:

Referencia (modelo)	Tipo de cosechadora	Fábrica a la que se envía
DE19592	De algodón	John Deere Harvester Works (Moline, Illinois, EEUU)
DE19593	De algodón	John Deere Des Moines Works (Iowa, EEUU)
DE30056	De maíz y trigo	John Deere Harvester, John Deere Zweibrücken (Alemania), John Deere Horizontina (Brasil)
DE30057	De forraje, empacado y siega	John Deere Zweibrücken (Alemania)
DE30058	De algodón	John Deere Des Moines Works (Iowa, EEUU)
DE30985	De maíz y trigo	John Deere Harvester, John Deere Zweibrücken (Alemania), John Deere Horizontina (Brasil)

Tabla 4.4: Modelos actuales de producción de ProDrive.

No obstante, las partes de la caja de transmisión apenas cambian de un modelo a otro, lo que suele cambiar son características como el tamaño, el peso, los materiales de fabricación o las relaciones de velocidad.

En la siguiente imagen se puede observar la estructura interna de la caja de transmisión y sus partes más significativas:

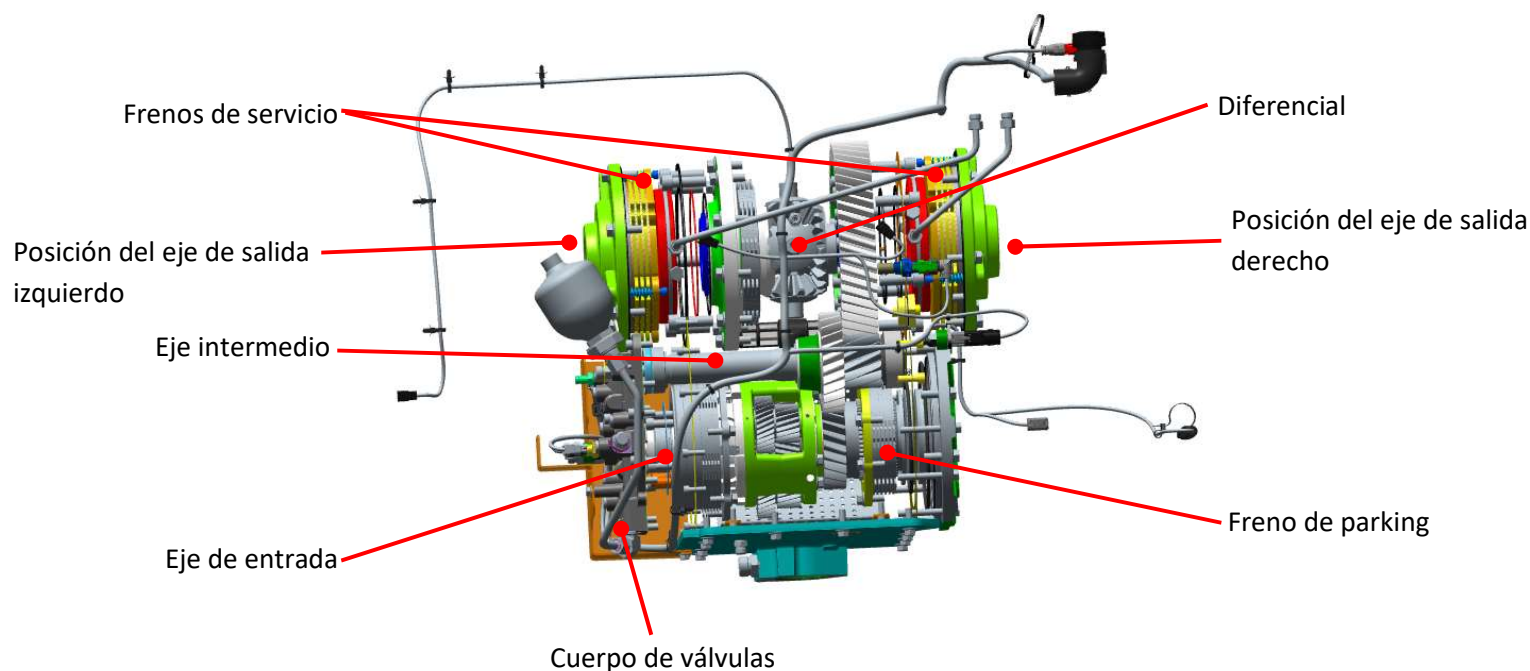


Figura 4.5: Partes de la caja de transmisión ProDrive.

- **Freno de servicio:** su función es frenar la cosechadora mediante el las fuerzas de rozamiento generadas por el giro entre las pistas y los ferodos cuando se aplica presión sobre el pistón del freno.

- **Diferencial:** su función es permitir que las ruedas motrices, instaladas en los ejes de salida de la caja de transmisión, puedan girar a velocidades diferentes entre sí. Si el diferencial bloquea uno de los ejes, la otra rueda girará al doble de revoluciones de lo que lo haría si girasen ambas. Esto es posible porque el diferencial es el elemento que transmite la potencia a los ejes de salida.
- **Posiciones de los ejes de salida:** aunque en la imagen no se vean los ejes, en las posiciones señaladas es donde van alojados los ejes de salida y sus retenes correspondientes. La función de los ejes de salida es transmitir la potencia a las ruedas para que se muevan según las relaciones de velocidad establecidas por el modelo de la caja de transmisión.
- **Eje intermedio:** su función es transmitir la potencia del eje de entrada al diferencial.
- **Eje de entrada:** su función es aplicar la relación de velocidad mediante engranajes planetarios y frenos colocados en el interior del eje. También es el primer componente de la caja de transmisión que recibe la potencia del vehículo agrícola.
- **Freno de parking:** su función es mantener la caja de transmisión, y con ella las ruedas motrices, bloqueadas en ausencia de presión. El funcionamiento de este freno es contrario al de servicio porque es un elemento de seguridad y por ello, lleva instalados unos anillos elásticos, además de sus correspondientes pistas y ferodos, que comprimen al máximo el freno impidiendo el giro del eje de entrada. Una vez se aplica presión sobre el freno, la cavidad se expande y la caja comienza a funcionar.
- **Cuerpo de válvulas:** su función es suministrar aceite a presión a los embragues de la caja de transmisión para activarlos y también a otros componentes con el fin de lubricarlos correctamente. Los caudales de paso se controlan mediante electroválvulas situadas en el cuerpo de válvulas.

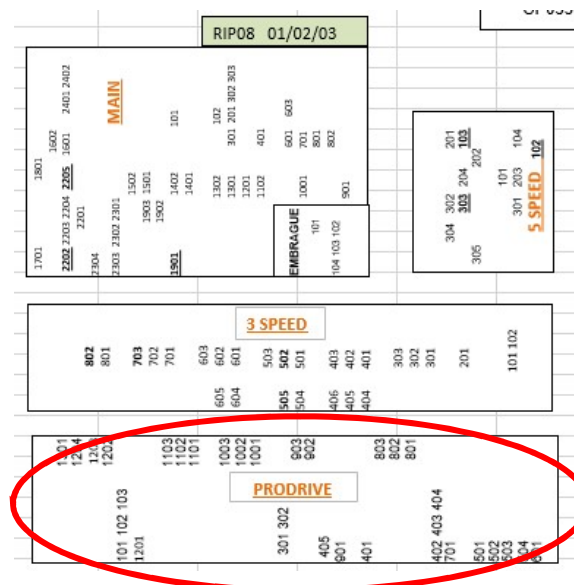


Figura 4.6: Layout de la minifábrica de cajas pesadas.

4.2- Obtención de datos

El momento en el que el ingeniero de calidad se percata de que hay un problema de calidad considerable que debe de ser tratado en profundidad, es cuando percibe un número de reclamaciones elevado referentes al retén AZ42575, siendo además todas ellas por fugas. Se consigue ver la incidencia de calidad mediante el siguiente proceso de lectura de reclamaciones de garantías:

Failed part num	Vehicle factory	MY assigned	Acquistion date	Claim date	Total claim cost	Claim severity	Machine use h	Customer region	Failed part supplier	Product	Failure mode	Comment langua	Comment
AH233134	H-Harvester	2016	31mar2016	2016-10-05	115,61	30-LESS THAN	153,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	SHORT OR	English	[CMLNT]PTP
DE30122	Z-Zweibrucken	2016	23jun2016	2016-09-19	754,14	60-UNKNOWN	24,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0016309-FEMA CORP	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]PTP
AH233134	N-Des Moines	2016	03jun2016	2016-09-26	173,88	20-LESS THAN	65,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Righ
DE30985	H-Harvester	2016	14mar2016	2016-06-07	306,35	20-LESS THAN	4,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0013392-JOHN DEERE	PRODRIVE	PRESSURE	English	[CMLNT]CHE
AT40603	CQ-	2016	14mar2016	2016-10-25	94,02	10-NO	176,0	3-LATIN AMERICA	0001630-SKF SEALS	3 SPEED	LEAKED	English	[CMLNT]CLIE
AH233134	N-Des Moines	2016	14abr2016	2016-10-26	267,72	10-NO	15,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Mac
AXE43127	H-Harvester	2016	17ago2016	2016-09-12	208,20	10-NO	5,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0345550-DANFOSS	PRODRIVE	BROKEN	English	[CMLNT]S/CP
AH233134	H-Harvester	2016	29jun2016	2016-09-14	294,72	40-GREATER	113,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]coul
DE20055	N-Des Moines	2016	15jun2016	2016-10-05	236,80	40-GREATER	194,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0013392-JOHN DEERE	PRODRIVE	STUCK OR	English	[CMLNT]ptp
AH233134	N-Des Moines	2016	15jun2016	2016-10-05	253,77	40-GREATER	194,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]mac
DE30236	Z-Zweibrucken	2016	18ene2016	2016-10-24	229,64	30-LESS THAN	89,0	2-EUROPE / CIS / NORTH AFRICA / MIDDLE	0013392-JOHN DEERE	3 SPEED	STUCK OR	English	[CMLNT]FREI
AXE52536	Z-Zweibrucken	2016	15dic2015	2016-10-11	491,75	20-LESS THAN	123,0	2-EUROPE / CIS / NORTH AFRICA / MIDDLE	0312873-	3 SPEED	LEAKED	English	[CMLNT]COD
AH233134	H-Harvester	2016	11mar2016	2016-10-03	237,53	10-NO	41,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]com
AH233134	Z-Zweibrucken	2016	02jun2016	2016-10-13	260,37	10-NO	47,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]FAUL
AH233134	N-Des Moines	2016	21dic2015	2016-08-03	52,10	20-LESS THAN	374,0	3-LATIN AMERICA	0004342-GEMS	PRODRIVE	OTHER	English	[CMLNT]O
AH233134	H-Harvester	2016	13abr2016	2016-09-01	444,36	10-NO	87,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	OTHER	English	[CMLNT]com
AH233134	H-Harvester	2016	18mar2016	2016-09-12	368,72	40-GREATER	342,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]-PTP
AXE16689	Z-Zweibrucken	2016	18dic2015	2016-10-03	376,68	20-LESS THAN	82,0	2-EUROPE / CIS / NORTH AFRICA / MIDDLE	0004284-SENSATA	3 SPEED	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Activ
AXE59269	H-Harvester	2016	06may2016	2016-10-24	224,30	20-LESS THAN	429,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0306445-DELPHI	3 SPEED	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Com
AH233134	H-Harvester	2016	12nov2015	2016-06-10	304,59	40-GREATER	16,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Error
51M7042	H-Harvester	2016	16ago2016	2016-10-03	314,51	60-UNKNOWN	35,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0325339-	3 SPEED	LEAKED	English	[CMLNT]Oil
AXE43127	H-Harvester	2016	02dic2015	2016-10-22	230,27	40-GREATER	509,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Whe
AH233134	N-Des Moines	2016	22abr2016	2016-10-19	247,32	30-LESS THAN	36,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Elect
AXE31835	H-Harvester	2016	07dic2015	2016-10-26	891,57	10-NO	490,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0306445-DELPHI	3 SPEED	ELECTRICAL	English	[CMLNT]Brak
AH233134	H-Harvester	2016	29jul2016	2016-09-19	128,70	10-NO	44,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]BRA
DE20055	N-Des Moines	2016	02mar2016	2016-10-10	748,75	40-GREATER	291,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0013392-JOHN DEERE	PRODRIVE	PRESSURE	English	[CMLNT]RICK
AH233134	H-Harvester	2016	24jun2016	2016-10-20	146,45	40-GREATER	285,0	4-US / CANADA / AUSTRALIA / NEW ZEALAND	0004342-GEMS	PRODRIVE	ELECTRICAL	English	[CMLNT]code

[CMLNT]code for foot brake coming up.[CAUSE]failed pressure sensor. part#AH233134[CORR.]confirmed complaint. replaced sensor. verified issue was resolved. performed write up.[OTHER][TMSPC] 26 October 2016 Requested 1.180 hours for labor. Approved 1.0 hours. Adjusted claim based on previous repair times of other dealers and comments from this claim. (1.0 hour 662 repairs on this failed part) If this claim has been approved and you believe an adjustment is required for Labor/Diagnostic/Parts/Other Credits, please perform the Adjust Credit process detailed in the User's Guide. Claim will be reviewed for possible reconsideration _____ If this claim was returned, please act upon all processor questions in the Comments section and/or system messages (please click on the Display Messages button under the Actions section in JDWS)

Figura 4.7: Archivo semanal de garantías del que se extraen los datos del caso.

En cada fila se muestran los datos correspondientes a una reclamación y en cada columna están los datos correspondientes a los campos fundamentales a rellenar en una reclamación para contar con toda la información necesaria para su análisis:

- **“Failed part number”**: indica la referencia del componente sobre el que se ha producido la incidencia.
- **“Vehicle Factory”**: muestra la fábrica de vehículos que ha producido el vehículo final sobre el que se ha producido la incidencia.
- **“MY assigned”**: año fiscal en el que se ha producido dicho vehículo.
- **“Acquistion date”**: fecha en la que se adquirió el vehículo que ha fallado por el usuario final.

- **“Claim date”**: fecha en la que se produjo la reclamación,
- **“Total claim cost”**: coste total de la reclamación en dólares, incluye cambio de piezas y tiempo de reproceso.
- **“Claim severity”**: se indica la severidad de la reclamación medida en tiempo que la máquina ha estado parada y se puede rellenar únicamente con los siguientes valores estándar:
 - **“NO DOWNTIME”** → no ha llegado a pararse la máquina en ningún momento.
 - **“LESS THAN 4 HOURS”** → La máquina ha estado parada menos de cuatro horas.
 - **“LESS THAN 1 DAY”** → La máquina ha estado parada más de cuatro horas, pero menos de un día.
 - **“GREATER THAN 1 DAY”** → La máquina ha estado parada más de un día.
 - **“GREATER THAN 1 WEEK”** → La máquina ha estado parada más de una semana.
 - **“UNKOWN”** → No se sabe exactamente cuánto tiempo ha estado la máquina parada.
- **“Machine use hours”**: se refiere al número de horas que ha estado la máquina funcionando en el campo.
- **“Customer región”**: indica la región en la que está operando el vehículo en el momento de la reclamación.
- **“Failed part supplier”**: muestra el proveedor específico de la pieza que ha fallado en el vehículo.
- **“Product”**: nombre del producto en el que va instalada la pieza que ha presentado problemas, en el caso de John Deere Ibérica, nombre de la caja de transmisión en la que se encuentra la pieza fallida.
- **“Failure mode”**: modo de fallo que se ha producido.
- **“Comment language”**: el idioma en el que está escrita la reclamación, ya que los vehículos John Deere son vendidos por todo el mundo.
- **“Comment”**: el texto de la reclamación en sí, del que se muestra un detalle en la figura 4.7, en el que se especifica el motivo de la reclamación, la causa y las acciones tomadas para solventar el problema.

Cundo el ingeniero de calidad se da cuenta de que lee varias reclamaciones del mismo tipo referidas a los retenes de salida de ProDrive, cuantifica las reclamaciones y se percata de que

algo no va como debería. Además, la mayor parte de las reclamaciones correspondientes al AZ42575 eran del siguiente tipo:

[CMPLNT]-L.H TRANSMISSION OUTPUT SEAL LEAKING[CAUSE]-FAULTY SEAL[CORR.]-REPLACED SEAL -TESTED, NO FURTHER LEAKS

Figura 4.8: Reclamación de garantías correspondiente a las fugas por el retén AZ42575.

Después, se dispone a clasificar las reclamaciones en función de los datos que interesarán con el fin de encontrar algún tipo de patrón que pueda aportar más información sobre la incidencia. Estos datos recurrentes que nos pueden aportar las reclamaciones son:

- Si se trata de fugas en el eje derecho o el izquierdo de salida, ya que el eje izquierdo de la caja está sometida a mayores vibraciones por la cercanía a la que se sitúa el motor hidráulico de actuación de la máquina agrícola, que dota de potencia al eje de entrada de ProDrive. Estas vibraciones generan mayor movimiento axial en el eje izquierdo de salida, lo cual puede dar lugar a runout dinámico, concepto el cual será visto más adelante en el siguiente apartado, o a desgastes no uniformes en la goma del labio del retén.
- El modelo de la máquina en la que va montada la caja puesto que no todas las cosechadoras pesan lo mismo y es un factor que puede afectar a la funcionalidad de la caja de transmisión.
- Número de horas trabajadas de la máquina, ya que puede haberse reducido el ciclo de vida del retén.

Al clasificar los datos, lo más significativo que se encontró, fue el elevado número de reclamaciones existentes que afectaban al eje izquierdo frente al bajo número que se encontraron afectando al eje de salida derecho de ProDrive:

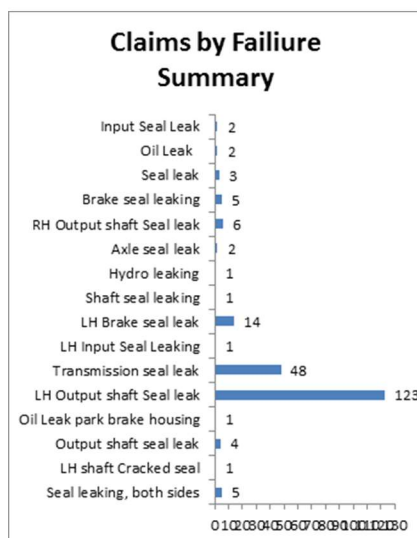


Figura 4.9: Análisis de dónde se produce exactamente cada fuga de la caja ProDrive según las reclamaciones de garantías.

Se producen muchas más fugas por un eje de salida que por el otro, por el izquierdo se dan 123 fugas frente a solo 6 por el lado derecho desde inicios del año 2016 hasta junio del año 2017. Por tanto, a la hora de analizar la causa raíz de este problema de calidad se intentará poner una mayor atención sobre el eje de salida izquierdo, para comprobar si, efectivamente, la causa raíz del problema es solo el movimiento axial que se produce en este eje.

4.3- Análisis de la causa raíz

Una vez que se han extraído los datos mencionados anteriormente, se debe llevar a cabo un análisis de la causa raíz mediante alguna de las herramientas diseñadas para ello, de las cuales se ha hablado con anterioridad en el proyecto. Para ello, se convoca una reunión en la que se aportan y organizan ideas para más tarde poder crear el siguiente RCT (Root Cause Tree):

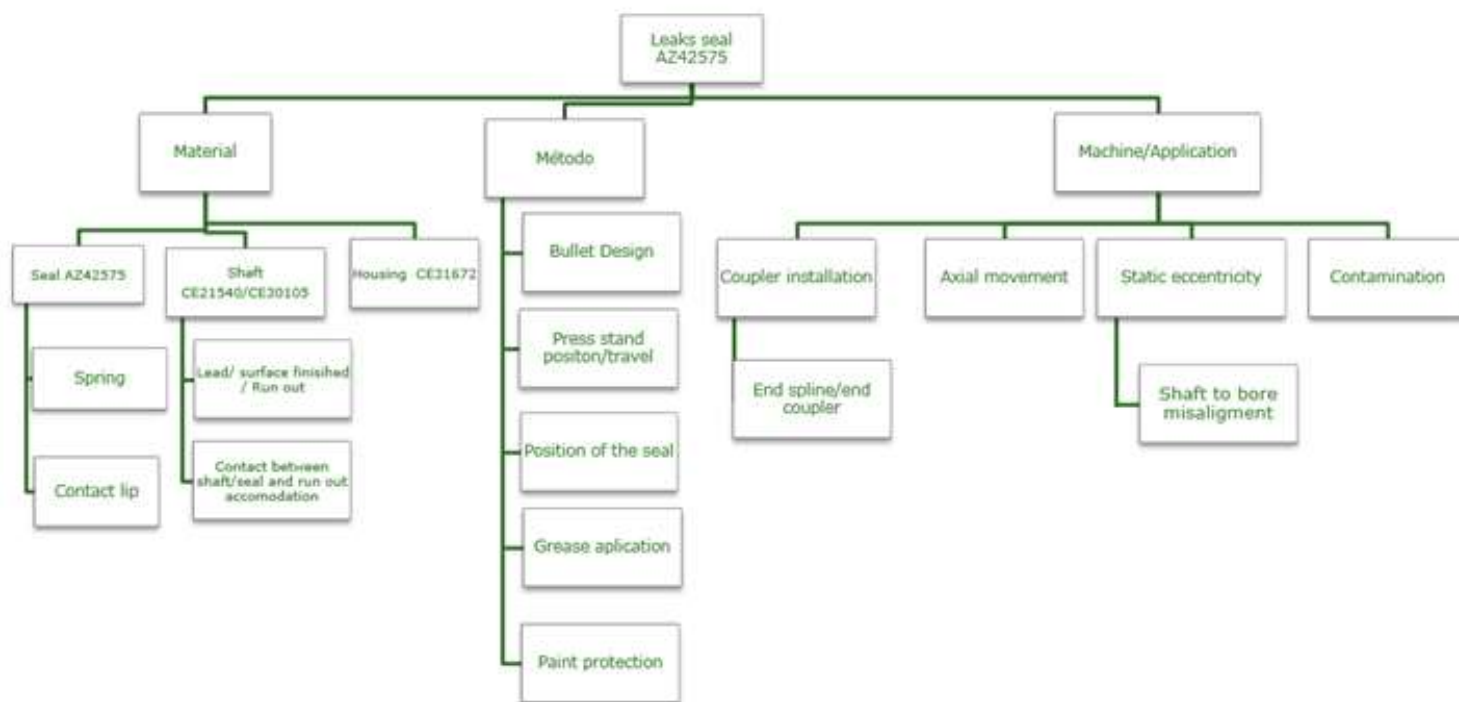


Figura 4.10: Root Cause Tree de las fugas en la caja ProDrive.

Según el árbol de análisis de la causa raíz, pueden haber sido tres los principales agentes del problema de calidad ante el que se está: el material utilizado para el montaje de la caja de transmisión, el método de montaje o la máquina en la que se instala finalmente la caja ProDrive.

- Material:
 - Retén AZ42575 (referencia del retén de los ejes de salida de ProDrive):
 - **Causa posible 1:** que el muelle del retén esté deformado o que no corresponda a esa referencia.
 - **Causa posible 2:** que no haya una conexión total entre el labio del retén y el eje debido a un incumplimiento de las especificaciones del retén.
 - Eje de salida CE30105 (referencia correspondiente a los ejes de salida de la caja de ProDrive):

- **Causa posible 1:** que la superficie de alguno de los ejes presente una sección transversal de lead o twist (giro) fuera de las especificaciones. Se hablará con mayor detalle de este fenómeno más abajo en el apartado 4.3.1.
- **Causa posible 2:** que el contacto entre las superficies del retén y el eje se vea afectado por errores dimensionales en el eje y, por tanto, la acomodación eje-retén no sea la correcta.
- Carcasa CE31672 (referencia correspondiente a la carcasa que cubre toda la estructura interna de ProDrive):
 - **Causa posible:** que las dimensiones de la carcasa no sean las correctas y por tanto no aloje correctamente al conjunto eje-retén y pueda salir aceite por esa cavidad.
- Método:
 - Diseño de la camisa (en inglés, bullet design):
 - **Causa posible:** que la camisa (herramienta con la que se aloja el retén en el eje) presente desperfectos que puedan dañar al retén cortando el labio de contacto con el eje. Este tipo de desperfectos se deben a que la camisa se caiga y se golpee o simplemente al uso prolongado de la misma. El operario debe notificar el mal estado de la misma para que se cambie por una nueva y así no dañar el retén.
 - Posición del cilindro de la prensa:
 - **Causa posible:** que la posición del cilindro no sea la correcta a la hora de prensar el retén en la caja de transmisión y acabe posicionándose el mismo incorrectamente, lo cual disminuye considerablemente sus funciones de estanqueidad.
 - Posición del retén:
 - **Causa posible:** que la posición del retén no sea la correcta cuando se vaya a prensar en el eje, con lo cual disminuyen las funciones de estanqueidad del retén, como en el caso anterior.
 - Aplicación de la grasa:
 - **Causa posible:** que la aplicación de grasa no sea la adecuada, ya que, si es escasa, el retén puede arrastrar partículas del eje y dañarse y si es excesiva, el retén puede no sellar bien la salida de la caja de transmisión.

- Protecciones de pintura:
 - **Causa posible:** que, a la hora de pintar la caja, no se coloquen adecuadamente o directamente no se coloquen las protecciones en las zonas en las que se encuentran los retenes ya que la pintura puede dañar el retén y que, como consecuencia no cumpla su función.
- Máquina en la que va montada la caja de transmisión ProDrive:
 - Instalación del eje de salida de ProDrive en el acoplamiento del vehículo para transmitir potencia a la rueda:
 - **Causa posible:** que el eje se dañe por ser introducido en una posición incorrecta o por golpes a la hora de instalarlo y pueda salir el aceite debido a esas imperfecciones producidas en el eje.
 - Movimiento axial:
 - **Causa posible:** puede producirse un movimiento axial entre el eje de salida y el acoplamiento a velocidades altas que genere como consecuencia una desviación dinámica, más conocida en John Deere como runout dinámico (DRO, juego axial), la cual acaba causando excentricidad dinámica en la caja de transmisión, es decir, una vibración que hace que el eje gire alrededor de un punto que no es su centro geométrico. Si la excentricidad es tanta que provoca que la distancia entre el labio del retén y el eje sea mayor de la requerida para mantener la película de lubricante hidrodinámica, el aceite acabará saliéndose por ese hueco provocado entre el retén y el eje.



Figura 4.11: Excentricidad dinámica del eje sistema eje-acoplamiento. [31]

- Excentricidad estática:
 - **Causa posible:** si el eje está mal alineado con el acoplamiento, puede darse una vibración que, aunque no depende de la velocidad que lleve

el conjunto rotativo, puede llegar provocar la fuga porque el conjunto eje-retén acabe dañándose por estar excesivamente próximo al acoplamiento.



Figura 4.12: Excentricidad estática del eje sistema eje-acoplamiento. [32]

- Acumulación de suciedad:
 - **Causa posible:** una excesiva acumulación de suciedad en la zona del conjunto eje-retén en el campo, puede causar daños en el retén y generar que no cumpla su función por su la introducción de partículas entre el mismo y el eje.



Figura 4.13: Exceso de suciedad en la zona del eje de salida de ProDrive en el campo.

4.3.1- Análisis del lead o twist (giro) en los ejes de salida de ProDrive

Debido a que la sección transversal del lead en los ejes de salida de la caja de transmisión ProDrive fuera de las especificaciones puede ser una de las causas raíces de las fugas en el retén, y se trata de un proceso de inspección más elaborado que en el resto de posibles causas, se hablará sobre este fenómeno en este punto.

Los procesos de torneado y rectificado por los que pasan los ejes durante su fabricación acaban imprimiendo en la superficie del eje una estructura de tipo helicoidal conocida como lead o twist

(giro). La estructura del lead debe ser controlada para asegurar la estanqueidad entre el eje y el retén, ya que si la sección transversal del lead no entra en las especificaciones puede darse la fuga entre la superficie afectada por este lead que esté en contacto con el retén.

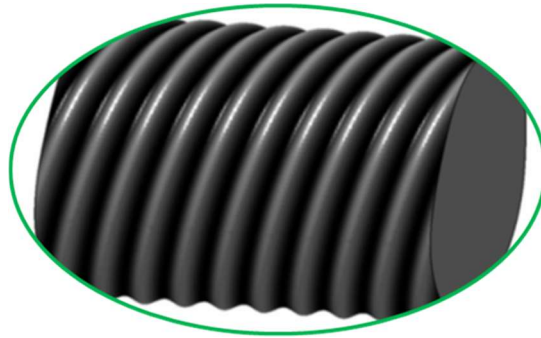


Figura 4.14: Estructura helicoidal de lead (giro) en un eje torneado o rectificado (muy aumentada respecto a la realidad).

Los algoritmos utilizados para el análisis del lead fueron desarrollados por Daimler-Benz en 1997, estos serían los llamados de primera generación. En 2009, fueron publicados unos nuevos algoritmos para el análisis del lead basados en los primeros, llamados de segunda generación y esta vez únicamente por Mercedes-Benz. Este algoritmo certificado de segunda generación se ha adoptado en muchas compañías pertenecientes a la industria automovilística, entre ellas John Deere. La referencia del análisis llevado a cabo es MBN 310077-07.

En el análisis Daimler del lead, los parámetros se obtienen mediante un perfilómetro óptico combinado con una unidad de rotación para poder ir siguiendo la superficie del lead. Un perfilómetro óptico es un equipo de medición que utiliza la interferencia de una luz blanca con el fin de escanear y evaluar la textura superficial del eje. Una unidad de rotación es simplemente un porta ejes dotado de un instrumento que ejecuta un movimiento de rotación sobre el eje para que el perfilómetro pueda ir midiendo la superficie a lo largo de toda la circunferencia del eje.

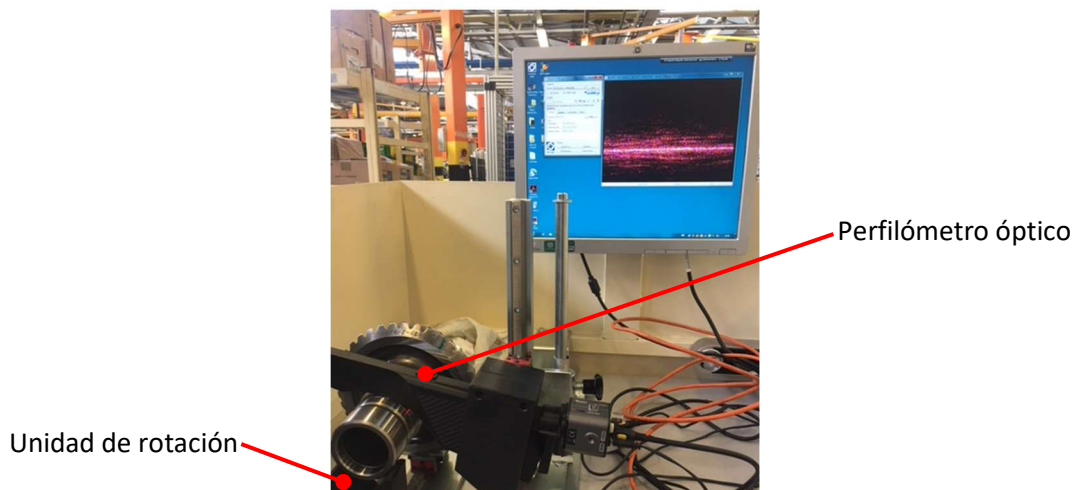


Figura 4.15: Perfilómetro óptico para medición de parámetros del lead.

El sistema de medición explicado realiza un total de 72 trazos alrededor del eje y ejecuta el algoritmo de segunda generación del Daimler análisis, del cual se obtienen los siguientes parámetros:

- $DG \rightarrow$ Número de hilos o hélices que presenta la superficie del eje.
- $Dt [\mu m] \rightarrow$ Profundidad del lead.
- $DP [mm] \rightarrow$ Longitud del periodo.
- $DF [\mu m^2] \rightarrow$ Sección transversal teórica.
- $DFu [\mu m^2/U] \rightarrow$ DF por giro o vuelta.
- $DLu [\mu m^2] \rightarrow$ Longitud de contacto.
- $D\gamma [^\circ] \rightarrow$ Ángulo del lead.

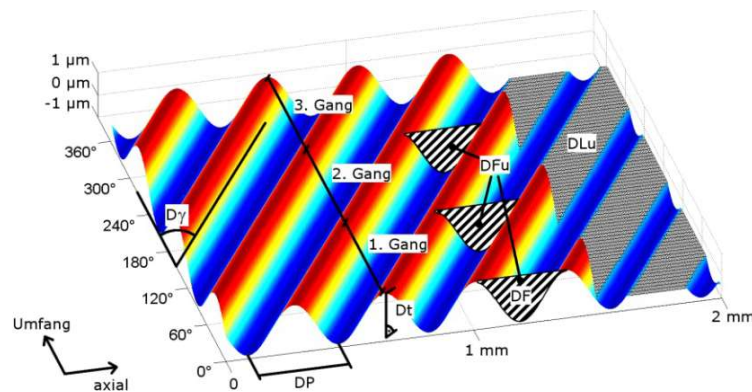


Figura 4.16: Parámetros medidos en el análisis del lead.

Las zonas de color azul serían las correspondientes a los hilos provocados por el lead o twist (giro) que presenta el eje.

Estos parámetros son analizados, en el caso presente de fugas por el retén concretamente, para determinar la profundidad de la estructura helicoidal de giro que presenta el eje y comprobar que la profundidad de esos hilos no sea tal que pueda salir el aceite, aunque esté el retén impidiendo su paso. Esta profundidad se determina mediante el parámetro de la sección transversal por giro o vuelta, DFu , por tanto, será el que interese de cara a la resolución del caso de las fugas.

4.3.2- Verificación de las causas materiales

A continuación, se verificarán las posibles causas referidas a los materiales utilizados en la producción de la caja de transmisión, vistas en este mismo apartado.

RETÉN AZ42575:

- Revisión del proceso de montaje en Trelleborg, que es la empresa proveedora de retenes a John Deere Ibérica: el proceso de montaje parecía ser correcto, sin embargo, de la inspección de cinco retenes devueltos por John Deere Zweibrücken (fábrica de vehículos que consiguió los retenes de máquinas que habían fallado en el campo) se obtiene que, en algunos, el muelle del retén está partido.



Figura 4.17: Muelle partido de algunos retenes del eje de salida de ProDrive.

- Revisión del diseño del retén y de la recomendación de especificación: el departamento de medición y verificación estableció que el diseño era el correcto, aunque también recomendó la utilización de un retén de diámetro algo menor para lograr una mejor fijación con el eje.

EJE CE30105:

En cuanto a los ejes, la acción de verificación ejecutada fue medir algunos ejes en el área de medición y verificación y las conclusiones que se extrajeron fueron las siguientes:

- Mediante la ejecución del análisis del lead o twist (giro) explicado en el punto 4.3.1, se llega a la conclusión de que muchos de los ejes de salida utilizados en la producción de ProDrive presentan una sección transversal de lead muy por encima del valor límite impuesto en John Deere Ibérica (DFu: $250 \mu\text{m}^2/\text{U}$) a todos los ejes utilizados para la producción de cajas de transmisión con el fin de evitar la generación de fugas futuras.

Arcoprofil	1L	0,71	21	0,46	0,11	27,07	568,45	21,28
	1R	0,65	19	0,36	0,11	20,1	381,1	22,54
	4L	0,48	24	0,27	0,11	14,76	206,53	30,38
	2R	0,4366	12	0,29	0,11	16,47	197,65	30,4
	3L	1,48	43	0,32	0,11	16,24	698,26	27,68
	3R	1,5	44	0,25	0,11	12,04	529,75	32,86
Recommended Max. spec		Dy = 1%	DG < 15 hilos	Dt = 0,6 μm	DP < 0,4mm	DF < 60	DFu < 250 $\mu\text{m}^2/\text{U}$	

Figura 4.18: Parámetros del lead del eje de salida de ProDrive.

En la figura, 1L se refiere a la medida del primer eje del lado izquierdo de salida de ProDrive y 1R a la medida del primer eje de salida del lado derecho de salida de ProDrive, y así sucesivamente. En la medida que hay que poner especial atención es en la del DFu, la penúltima, que como puede verse en la imagen en los ejes primero y tercero (tanto lado izquierdo como derecho) supera claramente el valor de $250 \mu\text{m}^2/\text{U}$.

- El resto de dimensiones del eje estaban dentro de las especificaciones, así como las de la carcasa.

4.3.3- Verificación de las causas por el método de montaje

En este caso, se verificarán las posibles causas referidas al método de producción con en que se lleva a cabo la producción de la caja de transmisión, vistas en este mismo apartado.

Se revisó la actuación de cada operario, así como los útiles y equipos utilizados a la hora de ensamblar una caja de transmisión ProDrive y hubo dos procesos de producción que no seguían las pautas de fabricación correctamente, estos fueron:

- La posición del cilindro de la prensa no era la correcta a la hora de prensar el retén en la caja de transmisión, lo cual produce que el retén no selle correctamente.

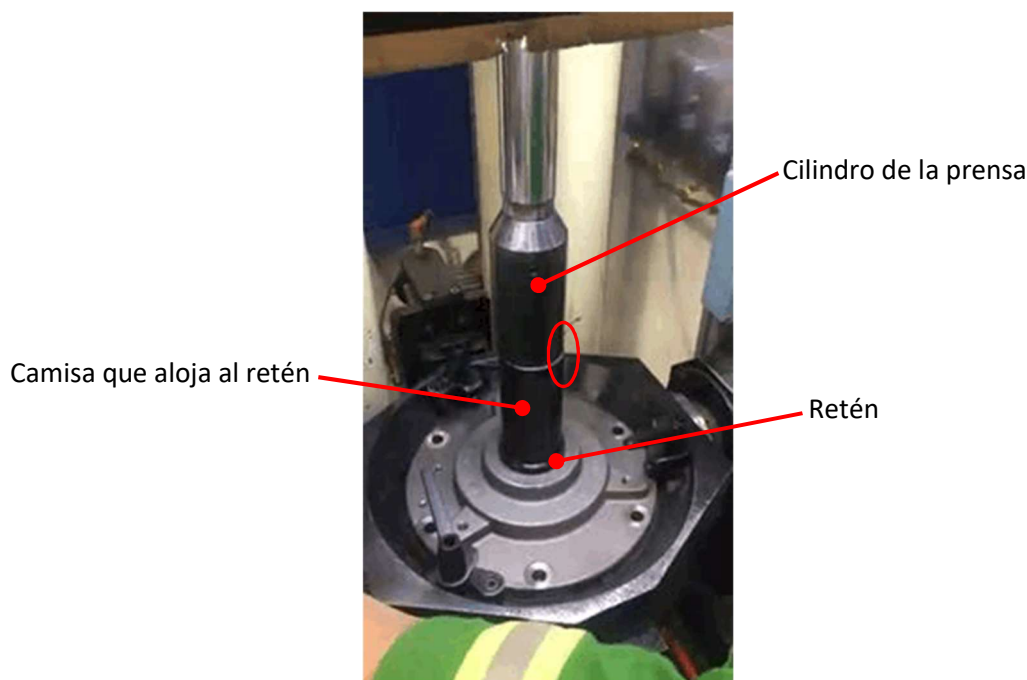


Figura 4.19: Posición incorrecta del cilindro de la prensa y la camisa que aloja al retén.

- Se golpeaba la cabeza camisa excesivamente para colocarla antes de prensar el retén, lo cual daba lugar a que los bordes se fuesen doblando hacia a fuera y consecuentemente, que se dañase el retén.

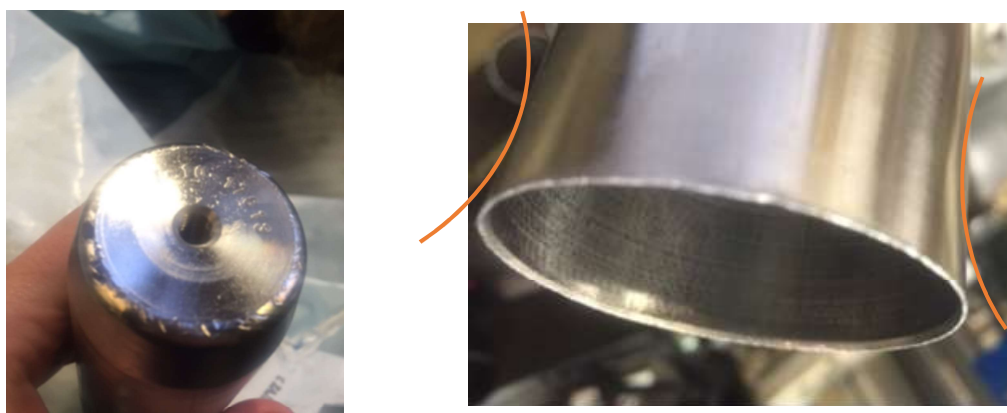


Figura 4.20: Camisa golpeada con los bordes doblados hacia a fuera.

Este proceso mal llevado a cabo explicaría por qué muchos de los retenes por los que se producen las fugas devueltos por John Deere Zweibrücken presentaban los siguientes cortes y daños en el labio de los mismos:



Figura 4.21: Labio del retén de salida de ProDrive dañado.

4.3.4- Verificación de las causas por la máquina de destino

Por último, se verificarán las posibles causas relacionadas con la máquina agrícola de destino en la que va instalada la caja ProDrive, vistas en este mismo apartado también.

De la puesta en común de datos con John Deere Harvester Works, se llegó a unas determinadas conclusiones mediante el proceso de auditorías de producto, explicado en el Capítulo 4, de algunas cajas de transmisión tanto aquí en John Deere Ibérica como allí, en Harvester:

- Se descubrió que algunas de las fugas de las reclamaciones de garantías habían sido provocadas por daños en el eje durante su instalación en el acoplamiento.
- Según los análisis llevados a cabo en Harvester también, había un porcentaje alto de vehículos que presentaban un alto runout dinámico (desviación), mayoritariamente vehículos de doble rueda. Esto puede ser porque al haber dos ruedas, consecuentemente existen dos acoplamientos, por lo que las probabilidades de que haya runout ascienden al doble.



Figura 4.22: Vehículo John Deere de doble rueda.

4.3.5- Ejecución del DOE

Una vez verificadas las posibles causas raíces del problema de calidad, se decidió proceder a la ejecución de un DOE (Diseño de Experimentos), proceso de gestión de la calidad que se explicó en el Capítulo 3, puesto que no son muchos los datos de entrada que se tenían y dada la necesidad de encontrar la causa raíz que más influencia tiene sobre las fugas entre las que se han verificado.

Lo que se hizo, fue someter a la caja de transmisión a diferentes rodajes en el banco de pruebas del departamento de PV&V, que es el mismo que el banco final de la línea de producción de ProDrive cuya finalidad es simular las condiciones de funcionamiento reales en el campo, pero se hizo en PV&V para que la cada caja de transmisión pudiese estar mucho tiempo en cada prueba sin estorbar a la producción. En cada prueba se iban cambiando diferentes factores sobre los ejes de salida de ProDrive. Los factores que irían cambiando en los diferentes experimentos serían los siguientes, acorde a las posibles causas:

- Método de montaje del retén.
- Parámetro de la sección transversal del lead (DFu).
- El uso de un retén actual o de un retén actualizado cuyo labio del retén se adhiera mejor al eje, puesto que como factor externo siempre podrá darse un runout dinámico que pueda causar la fuga, y por tanto se prueba a usar un retén capaz de ajustarse a las necesidades de la máquina.

Los experimentos, en concreto, sería la inspección de fugas en la caja a la hora de rodarla en el banco mediante la proyección de una luz ultravioleta sobre el retén del eje de salida para poder detectar rápida y visualmente la fuga. Por tanto, la respuesta a los experimentos será si fuga o no la caja de transmisión. Los factores fijos que se usaron en el experimento fueron una lubricación de aceite de 40 litros por minuto y una temperatura del aceite a 70°C para simular el funcionamiento de la caja de transmisión en el campo.

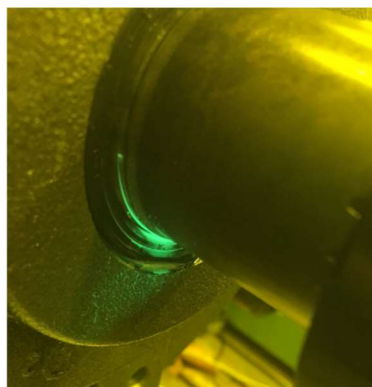


Figura 4.23: Inspección de fugas con luz ultravioleta.

Entonces, lo primero que se hizo fue darle unos valores concretos a cada factor para cada una de las inspecciones:

Crear diseño factorial: Factores

Factor	Nombre	Tipo	Bajo	Alto
A	Retén	Texto	Nuevo	Actual
B	Método	Texto	Mejorado	Actual
C	Lead	Numérico	200	600

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 4.24: Valores para cada uno de los factores empleados en el DOE.

- Factor A: será el factor retén cuyos valores serán si se usa un nuevo retén mejorado o si, por el contrario, se sigue utilizando el retén que se usaba hasta ahora.
- Factor B: será el factor del método de montaje del retén en el eje de salida cuyos valores serán si se monta el retén usando un nuevo método mejorado en el que ya no se cometen los errores de montaje mencionados o si, por el contrario, se sigue montando como hasta el momento.
- Factor C: será el factor lead del eje de salida cuyos valores de DFu o área de la sección transversal serán $200 \mu\text{m}^2/\text{U}$ o, por el contrario, $600 \mu\text{m}^2/\text{U}$ como hasta ahora.

Entonces, se llevarán a cabo ocho inspecciones ya que hay tres factores y dos niveles, que son:

- Nivel 1 (bajo): se emplea el nuevo retén, con el nuevo método de montaje y con un valor máximo de DFu del lead de $200 \mu\text{m}^2/\text{U}$.
- Nivel 2 (alto): se emplea el retén antiguo, el método de montaje anterior y un valor máximo de DFu del lead de $600 \mu\text{m}^2/\text{U}$.

Retén	Método	Lead
Nuevo	Mejorado	200
Nuevo	Mejorado	600
Antiguo	Actual	600
Antiguo	Actual	200
Nuevo	Actual	200
Antiguo	Mejorado	200
Nuevo	Actual	600
Antiguo	Mejorado	600

Figura 4.25: Factores con los que se lleva a cabo cada uno de los experimentos.

Tras llevar a cabo las ocho inspecciones, la respuesta a cada una de ellas, obtenida mediante la inspección de fuga con luz ultravioleta en el banco de rodaje final de la caja de transmisión, fue la siguiente:

- Experimento 1 → No hay fuga.
- Experimento 2 → No hay fuga.
- Experimento 3 → Sí hay fuga, con un valor de $1,33 \text{ h}^{-1}$.
- Experimento 4 → Sí hay fuga, con un valor de $0,1 \text{ h}^{-1}$.
- Experimento 5 → No hay fuga.
- Experimento 6 → No hay fuga.
- Experimento 7 → Sí hay fuga, con un valor de 1 h^{-1} .
- Experimento 8 → No hay fuga.

Como se puede apreciar, la caja de transmisión únicamente fugó en el caso del antiguo retén, montaje con el método antiguo de producción y DFu del lead máximo de $200 \mu\text{m}^2/\text{U}$; en el caso del nuevo retén, montaje con el método antiguo de producción y DFu del lead máximo de $600 \mu\text{m}^2/\text{U}$; y en el caso del antiguo retén, con el método antiguo de producción y DFu del lead máximo de $600 \mu\text{m}^2/\text{U}$.

Los valores de fuga vistos en las respuestas anteriores se calculan de la siguiente manera:

$$\frac{2}{\text{Tiempo que tarda en fugar el retén en horas}}$$
 Se multiplica por dos por el simple hecho de que hay dos ejes de salida en la caja. Se utiliza el tiempo en que aparece la primera fuga, aunque sea solo en uno de los dos ejes.

A continuación, se llevaría a cabo la ejecución del diagrama de Pareto de los efectos mediante el software Minitab con el fin de determinar cuál o cuáles de los factores son los más influyentes sobre la variabilidad en la respuesta del problema de calidad que se está dando y así poder centrar todos los esfuerzos de la organización en implementar soluciones para esos dichos factores.

Lo primero que se debe hacer es documentar los resultados obtenidos en las ocho inspecciones de fugas en Minitab:

Retén	Método	Lead	Fugas
Nuevo	Mejorado	200	0,00
Nuevo	Mejorado	600	0,00
Antiguo	Actual	600	1,33
Antiguo	Actual	200	0,10
Nuevo	Actual	200	0,00
Antiguo	Mejorado	200	0,00
Nuevo	Actual	600	1,00
Antiguo	Mejorado	600	0,00

Figura 4.26: Colocación de los resultados en la hoja de trabajo de Minitab.

Y lo segundo que se deberá hacer será ejecutar en el programa la opción del diagrama de Pareto de los efectos para poder obtener conclusiones acerca de cuáles son los factores más influyentes:

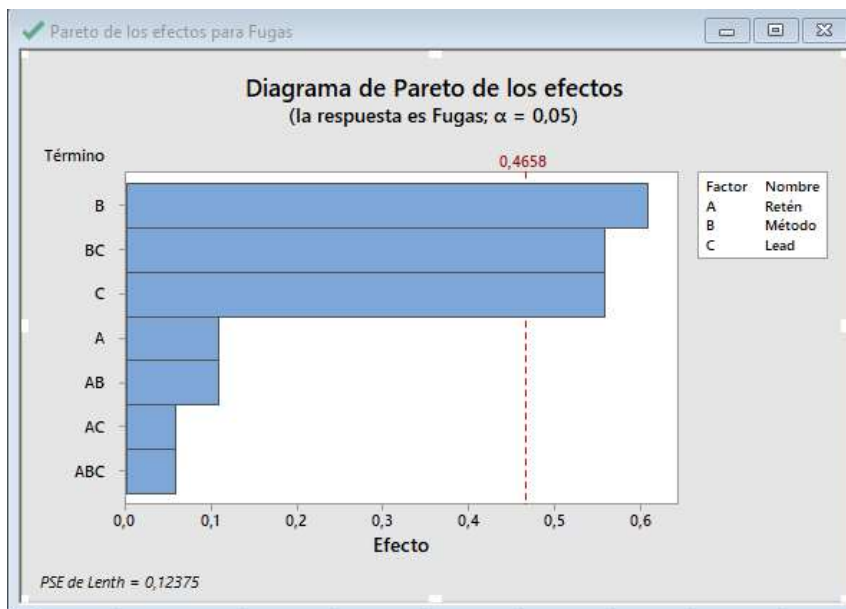


Figura 4.27: Efecto de cada uno de los factores sobre el experimento.

Los factores cuyas barras cruzan la línea de referencia que, como se explicó en el apartado del DOE del Capítulo 3, es el valor crítico de importancia determinado por el propio algoritmo de cálculo del diagrama de Pareto de los efectos, son estadísticamente significativos en el nivel de significancia de $\alpha=0,05$, por tanto, los factores más influyentes son el método de montaje del retén (B) y el valor del lead o twist del eje (C) puesto que no solo cruzan los factores en sí la línea de referencia, sino que también lo hace la combinación de ambos factores.

Como se sabe, se va a seguir dando cierto movimiento axial en los ejes de salida de ProDrive, y aunque esta no haya sido una causa raíz determinante, se deben corregir tanto el método de montaje del retén como el parámetro del lead en los ejes para que puedan soportar correctamente estas condiciones a las que se va a seguir sometiendo el conjunto eje-retén de la caja de transmisión ProDrive.

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Capítulo 5: **Propuestas de mejora**

Índice del Capítulo 5

5.1- Introducción a las propuestas de mejora	Pág. 144
5.2- Propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real	Pág. 145
5.2.1- <i>Propuestas de mejora sobre el método de montaje del retén</i>	Pág. 146
5.2.2- <i>Propuestas de mejora sobre el lead de los ejes de salida</i>	Pág. 148
5.3- Propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión	Pág. 150
5.3.1- <i>Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de validación de productos nuevos</i>	Pág. 150
5.3.2- <i>Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase del proceso de producción</i>	Pág. 151
5.3.2.1- <i>Política de no entregar material defectuoso</i>	Pág. 152
5.3.2.2- <i>Auditorías volantes</i>	Pág. 152
5.3.2.3- <i>SPC</i>	Pág. 153
5.3.2.4- <i>Trazabilidad</i>	Pág. 153
5.3.2.5- <i>Acciones preventivas</i>	Pág. 154
5.3.2.6- <i>Acciones de contención</i>	Pág. 156
5.3.2.7- <i>Acciones correctivas</i>	Pág. 157
5.3.3- <i>Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de producto</i>	Pág. 157
5.3.3.1- <i>Inspecciones</i>	Pág. 157
5.3.3.2- <i>Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R)</i>	Pág. 158
5.3.3.3- <i>Auditorías de producto</i>	Pág. 158
5.3.4- <i>Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de gestión de reclamaciones postventa</i>	Pág. 159

5.4- Plan de implementación

Pág. 165

*5.4.1- Plan de implementación de las propuestas de mejora
directamente aplicadas al caso real*

Pág. 165

*5.4.2- Plan de implementación de las propuestas de mejora en
la gestión de calidad en la cadena de suministro de
cajas de transmisión*

Pág. 166

5.1- Introducción a las propuestas de mejora

En este capítulo se propondrán algunas mejoras en primer lugar, para solucionar el caso real de gestión de reclamaciones expuesto y analizado en el Capítulo 4. Entre estas propuestas de mejora también habrá algunas en las que se utilicen algunos procesos de gestión de la calidad, vistos en el Capítulo 3 los cuales no se habían usado para el proceso de producción de la caja de transmisión ProDrive.

En segundo lugar, se propondrán ciertas mejoras para el sistema de gestión de la calidad de las cajas de transmisión en John Deere Ibérica con el objetivo de que casos de problemas de calidad, como el visto en el Capítulo 4, no se repitan.

Después se explicará el plan de implementación llevado a cabo de cada una de las mejoras propuestas y, posteriormente en el Capítulo 6 se analizarán los resultados conseguidos de la implementación de estas propuestas.

5.2- Propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real

Puesto que del análisis de las causas ejecutado en el Capítulo 4 se pudo concluir que los factores que más afectaban al problema de calidad de las fugas por el retén de salida de ProDrive eran el método de montaje del retén y el lead o twist (giro) del eje, las propuestas de mejora estarán enfocadas a estos factores principalmente.

La primera propuesta de mejora, incluso antes de entrar en el método de montaje y el lead sería el uso del proceso de gestión de la calidad del **Stop Shipment** puesto que una vez que se sabe que hay aún cajas de transmisión listas para enviar que pueden estar afectadas por el problema, es necesario evitar que la incidencia de calidad llegue más lejos de JDISA. Los pasos a seguir para ejecutar el Stop Shipment con éxito son:

- I. Comunicación de la no conformidad desde el departamento de calidad, que ha sido el que se ha percatado de la misma, a la minifábrica de cajas pesadas y al departamento de embarques para que no salga ninguna caja de transmisión ProDrive más de fábrica y para que todas las personas involucradas tengan la misma información acerca del problema.
- II. Convocatoria de la primera reunión de Stop Shipment para determinar los responsables de cada acción necesaria en este proceso. Estas acciones, para este problema de calidad en concreto son:
 - a. Notificación a los clientes del problema de calidad que afecta a las cajas de transmisión ProDrive para que no se siga propagando la no conformidad.
 - b. Bloqueo de los envíos de las referencias sospechosas de ProDrive.
 - c. Identificación de las cantidades sospechosas en tránsito de cajas de transmisión ProDrive.
 - d. Identificación, con tarjeta azul, de los ejes sospechosos de superar el valor máximo de la sección transversal del lead impuesto de proveedor.
 - e. Clasificación de los ejes sospechosos de proveedor en tránsito.
 - f. Traslado a scrap o reproceso de todas las cajas de transmisión afectadas o sospechosas de estar afectadas por el problema de calidad.
- III. Convocatorias diarias de reuniones de seguimiento para saber en qué momento puede liberarse el Stop Shipment.
- IV. Convocatoria de reunión de cierre de Stop Shipment una vez que todo el material esté controlado y sin riesgos de recurrencia. En esta reunión también deberá llevarse a cabo la sesión "Lesson Learned" en la que se hará por encontrar las malas prácticas que llevaron al problema de calidad

5.2.1- Propuestas de mejora sobre el método de montaje del retén

Una vez se ha probado que el método de montaje del retén era un factor crítico en la conformidad de la caja de transmisión, se proponen una serie de mejoras en el método de montaje con el fin de erradicar las no conformidades presentes en los retenes de los ejes de salida de ProDrive:

- 1) Camisa del retén: se debe no solo cambiar la camisa del retén inmediatamente, sino inculcar a los operarios la costumbre de revisar la camisa al inicio de cada turno para comprobar que está en perfecto estado para alojar al retén sin dañarlo. La comprobación de la camisa es muy sencilla y rápida puesto que únicamente consiste en pasar el dedo por el borde con el fin de detectar alguna irregularidad.

Además, también debe comprobarse que los bordes de la camisa no estén doblados hacia fuera. Esta comprobación también es muy sencilla puesto que, a partir de ahora, también se propone dejar una camisa nueva si utilizar en el puesto con el fin de realizar simples comparaciones visuales con una camisa sin utilizar en perfecto estado.

Entonces, se propone realizar una formación a los operarios de todos los turnos de una hora para explicarles el problema de calidad que se ha dado debido, en parte, a los daños que la camisa puede llegar a producir en el retén. En esta formación se les debe explicar cómo notar anomalías en las camisas y el procedimiento de aviso al supervisor cuando se detecte alguna.

Adicionalmente, para formalizar esta práctica en todas las líneas de producción de John Deere Ibérica, no solo en la de ProDrive, se incluirá en la HDM de todas las cajas de transmisión que lleven retenes un punto de comprobación de la camisa, para que todos y cada uno de los operarios sigan las mismas prácticas estandarizadas en cuanto al montaje de los retenes.

También se incluirá el modo de fallo en el PFMEA de todas las referencias de ProDrive para que se tenga en cuenta como un hecho a mejorar que puede provocar efectos severos en la calidad de esta caja de transmisión. Como ya se ha visto, se tendrá que abrirse una nueva revisión para el PFMEA de ProDrive que incluya esta nueva información:

JOHN DEERE <i>Quality</i>		Risk Priority Level									Instructions	
Process Step (Requirements)	Potential Failure Mode	Severity of Effect		Likelihood of Occurrence		Design Control Detection			Risk Priority Number			
		Potential Effects of Failure (Local, Next Higher Level) (End User)	S E V	Potential Causes of Failure	O C C	Current Process Controls (SPC, Functional Test, Etc.)		D E T	R P N	R P L		
						Prevention	Detection					
4.5. Montaje del retén en los ejes de salida.	El operario no comprueba la camisa del retén antes de montarlo	Fugas	8	Proceso inconsistente	5	Visual	Auditoria de producto	8	320	H	Actualizar HDM y proveer formación a los operarios	

Figura 5.1: Actualización PFMEA ProDrive.

En el mismo PFMEA se establecerá el departamento o persona responsable de llevar estas acciones recomendadas a cabo y el efecto de las mismas en el problema:

A C T I O N #	Action Results			S E V	O C C	D E T	R R P N	R R P L
	Resp.	Date Due	Action Taken					
1	Departamento de producción de cajas pesadas	09/01/2018	Actualización HDM y formación de los operarios al respecto	8	2	3	48	M

Figura 5.2: Actualización de las acciones llevadas a cabo en PFMEA de ProDrive.

Se puede observar también como tras ejecutar estas acciones, la severidad del modo de fallo que produce la incidencia sigue siendo la misma, pero, por el contrario, la ocurrencia baja notablemente y también el grado de detección puesto que, si el operario del siguiente turno verifica que la camisa está en mal estado, se le harán varias pruebas de fugas a las cajas ensambladas en el turno anterior para comprobar que los retenes no han sido dañados.

Por último, se incluirá este proceso de montaje en las auditorías volantes de proceso para que los auditores puedan revisar semana a semana que el proceso de montaje se está llevando a cabo correctamente.

- 2) Posición del cilindro de la prensa: como se ha visto, que la posición del cilindro de la prensa sea incorrecta es algo que puede causar que se preñe el retén en una posición incorrecta y no cumpla sus funciones de estanqueidad.

Sin embargo, posicionar el cilindro de la prensa en una posición adecuada es algo muy intuitivo que además ya está especificado en la HDM del montaje de ProDrive. Por tanto, las acciones de mejora que se proponen para esta parte son la revisión del proceso por parte de los auditores que se encargan de las auditorías volantes y la colocación en el puesto de una alerta de calidad que recuerde a los operarios que deben poner más atención a la hora de posicionar el cilindro de la prensa correctamente sobre la camisa del retén para prensarlo.



Figura 5.3: Alerta de calidad de posición del cilindro de la prensa en ProDrive.

5.2.2- Propuestas de mejora sobre el lead de los ejes de salida

Puesto que el lead o twist (giro) de los ejes de salida era el otro aspecto que inducía las fugas en los retenes de los ejes de salida, también se propondrán ciertas mejoras con el fin de que se cumpla el parámetro del lead de DFu máximo de $250 \mu\text{m}^2/\text{U}$. Combinando estas mejoras con las descritas en el anterior apartado, se espera una drástica disminución de las reclamaciones por fugas en el retén del eje de salida de ProDrive.

- 1) Reprogramación de los parámetros del torno y la rectificadora utilizados para la producción de los ejes de salida CE30105: puesto que la producción de estos ejes se hace con tornos y rectificadoras, lo único que puede hacerse para que el DFu del lead no supere los $250 \mu\text{m}^2/\text{U}$ establecidos como valor máximo para que la caja de transmisión no fugue, es reprogramar los parámetros de actuación de las máquinas dado que no interviene el factor humano.

Dado que el parámetro de la sección transversal del lead ha ido aumentando sin que ninguna persona reprogramase las máquinas, se deberá llevar un control para que esto no vuelva a suceder. Para ello, se deberá llevar un control periódico de la variación de los parámetros de diseño del torno y la rectificadora por los que pasa este eje.

Entonces, se incluirá este nuevo modo de fallo en el DFMEA del eje CE30105 para que se tenga en cuenta como un hecho sobre el que debe ponerse especial atención. De la misma manera que en el PFMEA anterior, deberá abrirse una nueva revisión que contemple este nuevo modo de fallo:

		Risk Priority Level										Instructions
		Risk Priority Number										
		Severity of Effect		Likelihood of Occurrence		Design Control Detection						
Function (Requirements)	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure (Local, Next Higher Level) (End User)	S E V	Potential Causes of Failure	O C C	Current Design Controls (Standards, Modeling, Design Analysis, etc.)		D E T	R P N	R P L	Recommended Actions	
						Prevention	Detection					
						Dfu del eje máximo= 250 µm²/U	Se excede el valor máximo	Fugas en la caja de transmisión ProDrive	8	Falta de revisión de los parámetros del torno y la rectificadora		5

Figura 5.4: Actualización DFMEA del eje de salida de ProDrive CE30105.

En el mismo DFMEA se establecerá el departamento o persona responsable de llevar la acción recomendada a cabo y el efecto de las mismas en el problema:

A C T I O N s	Action Results				S E V	O C C	D E T	R R P N	R R P L
	Resp.	Date Due	Action Taken						
1	Mantenimiento	29/01/2018	Checklist mensual de revisión de los parámetros de diseño del torno y la rectificadora		8	2	2	32	M

Figura 5.5: Actualización de la acción llevada a cabo en DFMEA de eje CE30105.

Se aprecia que una vez ejecutada la acción, la severidad del modo de fallo que produce la incidencia sigue siendo la misma, aunque la ocurrencia baja notablemente y también el grado de detección puesto que mediante una checklist mensual de revisión de los parámetros de las máquinas de producción del eje CE30105 es muy difícil que se desestabilicen nuevamente los parámetros sin que se note.

- 2) Control del lead de cada lote de ejes CE30105 que salgan de la minifábrica de ejes y engranajes: se propone también llevar un control sobre los ejes que se montan en la caja de transmisión ProDrive mediante la inspección de los parámetros del lead de la que se habló en el Capítulo 5, mediante un perfilómetro óptico. Obviamente no se tiene por qué ejecutar dicha inspección sobre todos y cada uno de los ejes de un lote, pero si sobre un número de piezas como, por ejemplo, tres por lote.

De esta manera no se instalará ningún eje cuyas especificaciones de lead estén fuera de lo especificado en plano.

5.3- Propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

A pesar de que son muchos los procesos que se llevan a cabo para asegurar la máxima calidad en todas las cajas de transmisión en John Deere Ibérica, los cuales se han explicado detalladamente en el Capítulo 3, siguen llegando algunas reclamaciones de calidad por parte de fábricas cliente cuando instalan las cajas de transmisión en los vehículos agrícolas o por parte de usuarios finales mediante las reclamaciones de garantías.

El caso de gestión de reclamaciones que se ha visto en el Capítulo 4, como muchos otros, seguramente podrían haberse evitado mediante la implementación de mejoras en algunos de los procesos de gestión de la calidad.

Basándome en mi experiencia, aportada por la realización de las prácticas curriculares en John Deere Ibérica, y con la ayuda de la perspectiva de mi tutor del proyecto por la empresa, he podido comprobar que la calidad de los procesos explicados en el Capítulo 3 a veces no es suficiente para evitar recurrencias en cuanto a los problemas de calidad se refiere.

En este apartado, por tanto, se analizarán los procesos de gestión de la calidad y se propondrán ciertas mejoras para aprovecharlos al máximo en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión.

5.3.1- Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de validación de productos nuevos

En cuanto a la primera fase en el ciclo de producción de una caja de transmisión se vieron algunos procesos cuyo fin es la dotación de calidad al producto desde el minuto cero. Esta fase es la que menos inconvenientes u oportunidades de mejora presenta, probablemente porque se trata de procesos aplicados sobre productos que aún no son tangibles.

En los procesos de **DFMEA** y **PFMEA**, que como ya se pudo ver, son bastante similares solo que el primero está orientado al proceso de diseño y el segundo lo está al proceso de producción, el único factor a mejorar sería la impuntualidad por parte de los ingenieros de calidad de PDP y OFP a la hora de realizarlos, retrasando así el lanzamiento del nuevo producto o de su nueva versión.

Quitando este inconveniente, son unos procesos de gestión de la calidad que se aplican absolutamente a todos los productos pertenecientes a John Deere Ibérica en, al menos, un momento de su ciclo de vida, el principio. Esto se debe a que gracias a estos procesos no solo es posible adelantarse a muchos problemas y evitar su ocurrencia, sino que se lleva a cabo también una planificación de las soluciones que se deben implementar para disminuir la severidad, ocurrencia y grado de detección. Otro proceso que ayuda de manera decisiva también a la priorización de acciones es el **Plan de control**, que muestra los procesos que se deben de controlar con mayor esfuerzo.

Es en el proceso del **DPAR** en el que se puede encontrar una falta de calidad a la hora de su realización puesto que, en las auditorías internas que la compañía hace, se ha podido comprobar que no se lleva el control de cambios significativos en ciertos productos que se debería en las hojas de requerimientos técnicos que se pide para cada nivel de calidad. Entonces, a pesar de que el DPAR es un proceso específicamente diseñado para que se complementen todos y cada uno de los documentos necesarios a la hora de aprobarse una decisión de cambio, el equipo que toma esa decisión no la documenta en muchos procesos, lo cual deteriora gravemente el flujo de información interdepartamental pudiendo ocasionar equivocaciones por esa falta de información que afecten a la calidad del producto final.

Dado que esta fase se trata de la menos problemática, se propone una única mejora con el fin de que se completen las hojas de requerimientos técnicos y que el flujo de información sobre los cambios pase por todos los departamentos de la misma forma y se consiga una actuación uniforme por parte de todos ellos.

Propuesta de mejora: se trata de la utilización de métricos que permitan trazar la evolución o el estado de cada una de las tareas, evaluar la estabilidad de los procesos y analizar la efectividad de posibles cambios. Una vez implementados los métricos, éstos serían revisados por el gerente de cada área para comprobar que todo va según lo previsto y que nadie se ha abstenido de hacer sus tareas.

5.3.2- Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase del proceso de producción

En los procesos de gestión de la calidad que se aplican sobre la etapa de la producción, hay más posibilidades de que se ejecuten incorrectamente puesto que aquí ya se entra en materia real y se trabaja con personas que son, probablemente, las que más variabilidad pueden aportar a los procesos ya que ninguna es igual.

El primer punto que se describió en esta parte del Capítulo 3 fueron los **elementos críticos de montaje**, que no son un proceso de gestión de la calidad, pero sí que afecta a la calidad de una manera considerable. A pesar de que en todas las formaciones a los empleados cuando se les capacita para el montaje de una nueva caja de transmisión, se explica cómo manipular correctamente estos elementos, la gran mayoría de defectos encontrados en cliente o ya en el campo son debidos al montaje incorrecto de estos elementos, por lo que sería muy conveniente llegar a una solución para este problema ya que conduciría hacia una reducción considerable de las reclamaciones de calidad. De hecho, esta fue una de las principales causas por las que se dio el problema de las fugas en los ejes de salida de la caja de transmisión ProDrive.

Propuesta de mejora: viendo que la manipulación de elementos críticos de montaje sigue siendo un problema en la fábrica a pesar de en el proceso de capacitación se advierte a todos los operarios de cómo tratar retenes, rodamientos, etc. se propone lanzar cursos de formación y evaluación anuales, tanto para operarios como ingenieros, en los que se traten reclamaciones del año provocadas por una mala manipulación de los elementos críticos.

Además de esto, en el curso de formación se deberá montar una caja de transmisión con cierta supervisión por parte de las personas que impartan el curso, para comprobar si realmente ese operario está capacitado para montarlos.

5.3.2.1- Política de no entregar material defectuoso

El primer proceso como tal que se estudió fue el de la Política de no entregar material defectuoso. Este proceso es aplicado en todas las líneas de producción de la fábrica puesto que, a priori, evita que se avance en la cadena de suministro un producto que puede llegar a ser defectuoso. La gran ventaja de este proceso es que no se le da oportunidad al defecto a aparecer ya que se interviene antes sobre la caja de transmisión en cuestión. Además, todas las incidencias quedan registradas en la hoja y de esa manera los operarios no olvidan informar al supervisor, ni el supervisor olvida revisar la caja sospechosa. Sin embargo, se ha observado que a pesar de que hay cajas de transmisión apuntadas en las hojas de política de no entregar material defectuoso, el supervisor no las firma. Esto da lugar a que los productos sospechosos de ser defectuosos o bien se queden estorbando en la línea y sus alrededores o bien que se termine avanzando dicho material, que es justamente lo opuesto a lo que se pretende conseguir con este proceso.

De hecho, aunque esta no fuese una causa posible considerada en el RCA del caso de las fugas de ProDrive, podría haber cajas que hubiesen dado no conformes en el banco de rodaje final, se hubiesen apuntado en la hoja de no entregar material defectuoso y al no supervisarse, hubiesen continuado el flujo de material en la cadena de suministro. Y como en el caso de ProDrive, esto puede pasar con cualquier caja de transmisión de JDISA.

Propuesta de mejora: con el objetivo de promover que los supervisores de producción vayan a ver todos los días las cajas de transmisión apuntadas en la hoja de Política de no entregar material defectuoso, se propone la contratación de un nuevo auditor que se encargue únicamente de la revisión de que todos procesos de gestión de la calidad como este, se efectúan correctamente y no van perdiendo su eficacia con el tiempo por el absentismo de ciertas personas.

5.3.2.2- Auditorías volantes

El proceso de auditorías volantes se aplica únicamente sobre ciertos procesos que fueron en algún momento la causa raíz de una reclamación de cliente o del usuario final y actualmente se controla que se realicen correctamente. Si algún proceso no deja de recibir la calificación de no conforme semana tras semana, se toma la decisión de incluir dicho fallo en el proceso en el PFMEA para que se pueda pensar un plan de prevención y actuación adecuado ante dicho proceso. Gracias a las auditorías volantes, los ingenieros de producción de cada minifábrica también son conscientes de los aspectos que deben mejorar los operarios a su cargo, mejorándose así el flujo de información entre los departamentos de calidad y producción.

El principal inconveniente de este proceso de gestión de la calidad es la poca frecuencia con la que se realiza, es decir, una auditoría una sola vez a la semana resulta no ser suficiente para detectar procesos inconsistentes ya que sigue habiendo reclamaciones recurrentes causadas por procesos que ya estaban anotados en la hoja de auditorías volantes. Además de que únicamente se auditan los procesos cuando ya se ha dado un problema de calidad, es un proceso no preventivo.

Propuesta de mejora: realmente la propuesta de mejora para este proceso ya ha sido comentada en el proceso anterior, puesto que el nuevo auditor del que se hablaba para revisar

que se llevasen adecuadamente ciertos procesos de gestión de la calidad, también podría ejecutar las auditorías volantes de proceso más de una vez a la semana y sobre más cantidad de procesos diferentes.

5.3.2.3- SPC

En cuanto al proceso de gestión de la calidad del SPC, se utiliza únicamente en procesos que se han determinado como críticos debido a la alta variabilidad que pueden sufrir por parte de los equipos o útiles empleados en la producción. Este es un proceso que debería aplicarse en todas las líneas de producción puesto que siempre, en cualquier proceso productivo industrial, va a haber cierta variabilidad constante que, aunque no es muy notable también acaba generando defectos, por menores que sean, en los productos finales.

Por otra parte, en los procesos en los que sí que se utiliza SPC se focalizan todos los esfuerzos y recursos destinados a este proceso en reducir o mejorar los factores espontáneos dejando a un lado los factores permanentes. Es cierto que los espontáneos generar mayores defectos que los permanentes, pero aun así estos últimos no dejan de ser importantes por ser tener una menor visibilidad y un menor impacto económico. Por último, cuando un proceso SCP lleva ya instalado un tiempo en una línea de producción, llega un momento en el que la experiencia ha revelado que los operarios dejan de rellenar la hoja SPC o que el ingeniero de calidad deja de pasar a recogerla, lo cual está ocasionando que un buen proceso de gestión de la calidad poco a poco se esté quedando inutilizado en la organización.

Propuestas de mejora:

- 1) Puesta en marcha de nuevos planes de acción ante factores permanentes que producen variabilidad constante, ya que esta también debe ser controlada y produce defectos. Cuando se detecte variabilidad constante, habrá que determinar cuáles son los factores que la producen y plantear las decisiones de o bien, sustituir el equipo o el útil por uno que produzca cero variaciones, o implementar nuevas acciones de mantenimiento para solventar estos problemas en la lista de comprobación del TPM por el personal encargado de ello.
- 2) También se propone que el mismo auditor destinado a completar el proceso de auditorías volantes y revisar la hoja de no entregar material defectuoso, también deberá controlar que se rellene correctamente la hoja del SPC de cada puesto que esté dotado de este proceso y que el ingeniero haya ido a recogerla en el momento oportuno.

5.3.2.4- Trazabilidad

La trazabilidad en John Deere Ibérica se usa en todos los procesos productivos puesto que es uno de los procesos que más aportan al flujo de información involucrando a los departamentos de producción, calidad y embarques. Es también de gran ayuda a la hora de analizar la causa raíz de un problema de calidad ya que absolutamente todas las acciones ejecutadas sobre la caja de transmisión están registradas en la base de datos interna de trazabilidad. Por ejemplo, ha ocurrido más de una vez que el mismo operario haya sido responsable de varias cajas de transmisión defectuosas por no haber estado correctamente capacitado para ejecutar ese

proceso productivo, y eso solo ha sido posible detectarlo gracias al sistema de trazabilidad. No obstante, hay veces que la información sobre un producto no está completa en el sistema de trazabilidad porque el operario olvida registrarla en el sistema o que la información es errónea porque, por ejemplo, algunos operarios olvidan identificarse al principio del turno y figura en el sistema que esa caja de transmisión la ha realizado el operario que trabajaba en el turno anterior.

Propuesta de mejora: el nuevo auditor encargado de las auditorías volantes, la hoja de no entregar material defectuoso y la hoja de SPC, también deberá revisar periódicamente que todos los campos de los procesos de las cajas de transmisión están completos.

5.3.2.5- Acciones preventivas

En la revisión de algunas acciones preventivas de la calidad que se ejecutan en John Deere, se han encontrado algunos factores que impiden la prevención de algunos modos de fallo. La **formación** de operarios y empleados a menudo es insuficiente, ya que se ha podido ver en varias ocasiones que ante un problema nuevo los trabajadores no saben actuar o actúan de forma errónea por el simple hecho de que no terminan de entender correctamente el funcionamiento de la caja de transmisión. Adicionalmente, en el momento en el que un operario no puede acudir a trabajar un día, en muchas ocasiones, la producción de ese día disminuye considerablemente por no tener más gente capacitada de refuerzo.

En los **bancos de pruebas o de rodaje** de la caja de transmisión una vez acabada, son varios los casos en los que ante la leve modificación de un parámetro como puede ser la viscosidad del aceite, porque tenga que cambiarse, o la temperatura del mismo, el banco comienza a rechazar las cajas. Los operarios ante este rechazo, las llevan a reproceso y una vez reprocesadas, vuelven a dar malas y en este caso las apartan de la producción. Hasta que no hay un número de cajas no conformes por el banco de pruebas considerable, el ingeniero o el supervisor no acude a comprobar el banco y ajustar los parámetros de conformidad del mismo ante los nuevos cambios. Y mientras, en este periodo de tiempo, la compañía gasta mucho dinero en reprocesos y sobreproducción innecesarios.

Además, muchas veces el banco de prueba no es capaz de detectar ciertos problemas de calidad. Esto ocurrió en el caso real de reclamaciones postventa visto, el de las fugas por el retén de salida de ProDrive. Se acabó descubriendo que se debía a que la prueba no duraba el tiempo suficiente como para provocar la fuga del retén en caso de que fuese malo, puesto que en el campo fugaba a las horas de estar funcionando la máquina.

Por tanto, también será necesario redefinir ciertas pruebas o examinar los bancos de rodaje para que cumplan correctamente su función, la de detectar problemas en cajas de transmisión antes de que salgan de fábrica.

Gracias a las auditorías internas de John Deere también se ha podido comprobar que el **TPM** no se lleva a cabo con la frecuencia con la que debería hacerse para que resultase productivo de verdad. Aun habiendo una lista que se debe completar por los operarios que trabajan con determinados equipos y el personal de mantenimiento, se ha detectado la falta de consistencia en la cumplimentación de la pauta de automantenimiento ya que hay semanas y meses sin rellenar en las checklist de varios equipos de la fábrica.

Esta podría ser una de las causas por las que los parámetros de diseño del torno y la rectificadora del eje CE30105 (de salida de ProDrive) variaron y como consecuencia, la sección transversal del lead era mayor de lo requerido.

Si bien todo eran factores negativos en las anteriores acciones preventivas, los **Poka yoke** han resultado ser un elemento de grandísima ayuda a la hora de asegurar la calidad en los procesos productivos puesto que, desde su implementación en fábrica, las reclamaciones disminuyeron considerablemente en los productos en cuyos procesos se habían empezado a utilizar. Esto es porque se trata de una herramienta que reduce, si se usa de forma correcta, la variabilidad aportada a los procesos por el factor humano.

Propuestas de mejora:

- 1) El nuevo auditor también se encargaría de verificar que se lleve a cabo el TPM fijado correctamente semana a semana y se rellene adecuadamente su checklist correspondiente.
- 2) En cuanto a los bancos de rodaje, se recomienda la redefinición de las pruebas finales de funcionamiento de algunas cajas de transmisión ya que, como se ha podido comprobar en el caso real de gestión de reclamaciones postventa visto en este proyecto, hay casos en los que no se detectan correctamente ciertos problemas de calidad que una caja pueda tener.

Esto se debe a que el tiempo de rodaje no es suficiente en ciertos casos para que se detecte el problema, por tanto, la redefinición de las pruebas consistirá básicamente en la modificación de ciertos parámetros como la carga o el caudal para conseguir que se manifieste el problema en el tiempo que se está rodando actualmente. Un aumento muy grande de tiempo no es posible porque afectaría de forma notable a la productividad de las cajas de transmisión.

Además, entre las funciones del nuevo auditor también se encontraría revisar los parámetros de cada banco de rodaje de la fábrica, una vez bien redefinidas las pruebas por el departamento de PV&V (Product Verification & Validation, departamento encargado de los bancos de rodaje de todas las cajas de transmisión) de John Deere Ibérica, para confirmar que no hay anomalías y que no se están dando cajas buenas por malas y viceversa.

- 3) Dotar de una capacitación mayor a los operarios que vayan a comenzar a hacer una caja de transmisión de manera que se asegure que realmente entiendan el funcionamiento de la caja, así como cada parámetro asociado a ella. Para ello será necesario más tiempo de formación y la realización de algunas pruebas a nivel teórico también para evaluar los conocimientos técnicos del operario.

Cada operario deberá estar capacitado para poder realizar al menos dos cajas de transmisión diferentes con el fin de cubrir a un compañero si se ausenta o de rotar a otro puesto diferente si hay más pedidos de esa caja de transmisión en concreto y que la productividad no se vea afectada.

Adicionalmente, se pondrían a prueba los conocimientos teóricos sobre posibles fallos en la caja de transmisión periódicamente para evaluar la respuesta de cada operario ante un posible incidente a la hora de producir la caja.

- 4) Implementación de *Poka Yokes* en todas las líneas de producción y puestos de trabajo ya que, no están implementados en todos los puestos de muchas líneas de producción y como se ha comentado, reduce considerablemente la variación introducida por el factor humano y es una herramienta que está funcionando muy bien a la hora de asegurar la calidad en los procesos productivos en los que ya están instalados. Podrían emplearse *Poka Yokes* tanto electrónicos como manuales, aunque los primeros son mejores, pero también más caros.

5.3.2.6- Acciones de contención

Las acciones de contención han podido evitar que muchos defectos lleguen a cliente, pero no que estos se produzcan. Sin embargo, hay ocasiones en las que estas acciones no son suficientes para que cajas defectuosas acaben llegando a su destino, que es justamente lo que pretenden evitar a toda costa. Sin ir más lejos, a la hora de ejecutar un **Stop Shipment**, muchas veces se avisa tarde al cliente con la esperanza de que el problema no haya salido de JDISA y origina consecuentemente, que el cliente ensamble la caja de transmisión en un vehículo y el problema sea más irreversible todavía.

A pesar de esto, otras acciones son más consistentes y aportan mayores beneficios. El **Stop Building**, por ejemplo, es un proceso que, aunque pueda parecer drástico en un principio, corta de raíz la posibilidad de producir o seguir produciendo cajas no conformes en el periodo en el que se está analizando la causa raíz. Desgraciadamente, se pone poco en práctica porque impera el miedo de no llegar a los objetivos de productividad preestablecidos y esto no debería ser así ya que siempre será mejor no desperdiciar recursos que sí hacerlo, aunque se produzcan el número de cajas planeadas, puesto que son cajas malas, al fin y al cabo.

Las **tarjetas de identificación** son, en teoría un método muy visual y sencillo que evita consecuencias peores. No obstante, hay operarios que han dejado de utilizarlas porque las consideran innecesarias puesto que dicen ser conscientes de qué caja es mala y cual es buena simplemente apartándolas en un lugar seguro. Se necesita un cambio cultural en este aspecto ya que no es tan sencillo como proponen, porque puede llegar perfectamente otro compañero de un turno diferente o un supervisor y avanzar la caja en la cadena de suministro, aunque esté defectuosa porque no se conoce la causa de que esté ahí sin identificación.

Propuestas de mejora:

- 1) El nuevo auditor, al ir haciendo su ronda de auditorías volantes y demás comprobaciones, también debe informar si encuentra cajas de transmisión apartadas de la producción sin una tarjeta de identificación que defina claramente por qué se ha apartado.
- 2) En cuanto al Stop Shipment, se propone como mejora necesaria la necesidad de avisar siempre a la fábrica cliente del problema de calidad que se está dando en JDISA con

ciertos productos, aunque se tenga la certeza de que ninguna no conformidad haya salido de la fábrica. Esto es porque aun creyendo que no es necesario informar porque el problema no se propagará, se han dado ya ocasiones en las que se han acabado encontrando no conformidades en la fábrica cliente de cajas de transmisión una vez ya ensambladas en los vehículos agrícolas. Nunca se puede estar seguro al 100% de que no se ha cometido ninguna incidencia de calidad en las cajas enviadas a cliente y menos cuando es necesaria la apertura de un Stop Shipment porque se han dado varios casos.

5.3.2.7- Acciones correctivas

De las acciones correctivas, la **alerta de calidad** ha resultado ser la acción más fácil y más eficaz a corto plazo, puesto que realmente instan a los operarios a tener un mayor cuidado a la hora de realizar el proceso sobre el que actúa la alerta. Pero, a largo plazo, como la alerta se acaba retirando de puesto, los operarios poco a poco vuelven a su rutina habitual y se deja de poner especial atención en ciertas cosas pudiendo darse los defectos anteriores de nuevo.

Propuesta de mejora: las alertas de calidad no deberían quitarse de los puestos pasado un mes, deberían dejarse ahí puestas hasta que se diese otro problema de calidad en el caso de que pasase bastante tiempo entre una incidencia y otra. Si no ha pasado un mes entre una incidencia y la siguiente, de tipo diferente, deberán colocarse las dos, para que se preste atención a ambos procesos.

Además, en los puestos en los que no se haya colocado ninguna alerta de calidad porque no haya habido reclamaciones recientes, se deberá colocar una de la última que se dio en relación con ese producto, para evitar en la medida de lo posible la recurrencia.

5.3.3- Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de producto

En cuanto a la fase de producto, ya sean finales o intermedios (partes que se montan en otras), los procesos de gestión de la calidad también se diferencian entre ellos por ejecutarse de una mejor o peor manera. Por lo que en este apartado se propondrán mejoras relacionadas con los procesos cuya ejecución no es la que se había establecido en un primer momento.

5.3.3.1- Inspecciones

Las inspecciones llevadas a cabo sobre los componentes no se ejecutan sobre todos ellos, pues no hay capacidad suficiente en el área de medición y verificación y sería inmanejable la cantidad de inspecciones que se tendrían que realizar. El proceso de inspección en John Deere Ibérica suele utilizarse cuando un componente es sospechoso de poder producir un defecto en la caja de transmisión o cuando ya lo ha producido. Una vez más, se trata de un proceso no preventivo que únicamente detecta el defecto cuando ya ha ocurrido.

De hecho, si se hubiesen llevado algunas inspecciones preventivas sobre los parámetros del lead del eje CE30105, se hubiese detectado mucho antes la no conformidad de este material y podrían haber fugado un menor número de cajas de transmisión en su fase de utilización final.

Propuesta de mejora: con el objetivo de convertir el proceso de inspección en un proceso preventivo también en John Deere Ibérica, se propone la contratación de al menos una persona más en el área de medición y verificación y la adquisición de nuevos instrumentos de medición. Esta nueva persona, y mediante el uso de esos nuevos instrumentos, se encargaría de inspeccionar componentes de forma aleatoria de cualquier producto, para intentar prevenir problemas mediante la detección temprana de desviaciones en los componentes.

5.3.3.2- Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R)

Donde se han encontrado bastantes deficiencias es en el proceso de Repetibilidad y Reproducibilidad de Calibres (GR&R) puesto que según se detectó en la última auditoría interna, en la gran mayoría de instrumentos de medición de auditorías de producto y también en muchos bancos de rodaje de producción, se incumplen las fechas de calibración establecidas por el proceso GR&R. La consecuencia de este incumplimiento puede ser pasar por alto defectos dimensionales o de otros tipos en los componentes de ciertos productos.

De hecho, la falta de calibración en el banco de rodaje final de ProDrive podría haber sido una de las causas por las que no se detectaron las fugas por el retén de salida.

Propuesta de mejora: establecimiento de un plan de priorizaciones de los equipos y sistemas de medición que deberían haberse calibrado o haberse cumplido un estudio GR&R y no se ha hecho. A la vista de que son múltiples las calibraciones que quedan por hacer, lo más óptimo sería priorizar en los equipos y sistemas de medición más críticos utilizando como criterio las posibilidades de recurrencia de problemas de calidad.

5.3.3.3- Auditorías de producto

Las auditorías de producto son un proceso muy necesario a la hora de gestionar la calidad ya que hay veces que solo es posible determinar la causa raíz si se desmonta la caja cuando se han agotado todas las vías de análisis previas (trazabilidad, DOE, pruebas no destructivas, etc.). Sin embargo, se está desperdiciando el gran potencial de este proceso ya que, en la práctica, únicamente se auditan cajas que ya han fallado, no se audita aleatoriamente casi ningún producto por la falta de personal, pues hay solo dos auditores en toda la fábrica para auditar prototipos de nuevos productos, cajas fallidas y además llevar a cabo las auditorías volantes de proceso.

Propuesta de mejora: al igual que en el tema de las inspecciones, el objetivo es convertir el proceso de auditorías de proceso preventivo. Entonces, se propone la contratación de un auditor más, adicional al propuesto en el apartado anterior para realizar las auditorías volantes y demás comprobaciones en las líneas y puestos de producción, para que audite cajas de transmisión aleatorias y de esta manera, si se detecta una caja con algún elemento montado incorrectamente, avisar inmediatamente a los ingenieros de calidad para que ejecuten las acciones de contención y de corrección que consideren oportunas.

5.3.4- Propuestas de mejora sobre los procesos de la fase de gestión de reclamaciones postventa

El proveedor ideal es el que no suministra productos defectuosos, pero si se tienen problemas de calidad y se gestionan con la efectividad y la rapidez esperadas, la ventaja competitiva aumenta considerablemente.

Actualmente, hay expectativas como los plazos de implementación de mejoras que solventen los problemas de calidad provocados a cliente, que no se cumplen tan bien como se debería por parte de JDISA y que deben corregirse cuanto antes si se quiere seguir siendo la fábrica proveedora de confianza de Deere & Company de cajas de transmisión.

El incumplimiento de los plazos de implementación se da, en gran parte, por la falta de priorización de reclamaciones y porque la definición de las responsabilidades en los planes de acción no termina de estar clara y, al no estarlo nadie acaba actuando por la falsa creencia de que otra persona implementará la acción.

Además, se han encontrado reclamaciones en la base de datos interna de John Deere que están cerradas sin haberse cumplimentado la acción correctiva propuesta y procesos de implementación en los que se deja de evaluar la eficacia de los mismos cuando ha transcurrido un periodo, aunque hubiera que hacerlo.

Estos problemas afectan a los procesos de **gestión de reclamaciones directas de cliente**, a los procesos de **gestión de reclamaciones de garantías** y a la **gestión de reclamaciones 8D**.

Los objetivos que se quieren alcanzar mediante las propuestas que se realizarán en este apartado son cumplir las expectativas de los clientes mediante el control más exhaustivo de cada una de las reclamaciones. Estas son:

- 1) Se propone la creación de una nueva base de datos interna en la que además de los campos básicos que ya se tenían que rellenar, se añaden unos nuevos datos de seguimiento en los que se debe especificar:
 - RGA: número de devolución de la caja de transmisión si procede.
 - Acción inicial: qué se va a hacer para solucionar el problema en un principio.
 - Modo de fallo.
 - Causa raíz.
 - 4M: determinar cuál de las 4 emes es la que ha fallado (máquina, método, mano de obra o material).
 - Acciones de contención.
 - Acciones correctivas.



Figura 5.6: Prototipo de la nueva base de datos interna de reclamaciones de JDISA proporcionado por la empresa externa programadora de software.

Además, en caso de que se abra un proceso 8D de seguimiento de la reclamación será preciso introducir el número de dicho proceso en el campo de NCCA (Non Conformance Corrective Action) que es como llaman en John Deere Ibérica a este proceso.

Se abrirá si la multiplicación de los rankings de severidad es mayor que 27 o si alguno de ellos es 5, en este caso el ranking de severidad se actualizará automáticamente como “Major” y exigirá que se introduzca un número de proceso 8D o NCCA. Los rankings van del 1 al 5 y hay tres diferentes:

- Frecuencia con la que ocurre esta incidencia:
 - 1 – Primera ocurrencia en fábrica.
 - 2 – Primera ocurrencia en una auditoría.
 - 3 – Recurrencia en fábrica.
 - 4 – Recurrencia en auditoría.
 - 5 – Múltiple recurrencia.
- Coste económico de la acción tomada para resolver el problema (reproceso, devolución, scrap, etc.):
 - 1 – Menos de 200 € o solo defecto cosmético.
 - 2 – Entre 200 € y 1000 € o pequeño impacto en el montaje de la caja en vehículo.
 - 3 – Entre 1000 € y 2500 € o gran impacto en el montaje de la caja en el vehículo.
 - 4 – Entre 2500 € y 5000 € o pequeño impacto en el cumplimiento de las funciones de la caja de transmisión.
 - 5 – Más de 5000 € o gran impacto en el cumplimiento de las funciones de la caja de transmisión.
- Aceptabilidad de las operaciones:
 - 1 – Impacto mínimo en el flujo de materiales.

- 2 – Provoca un retraso en el tiempo de ciclo o se tiene que emplear un método alternativo.
- 3 – Unidad retirada de la producción o reproceso de la misma.
- 4 – Provoca el incumplimiento de la fecha de entrega al cliente final.
- 5 – Stop Shipment o Stop Building.

Con esta actualización de la base de datos se pretende llevar un mayor control y seguimiento, no solo de las incidencias sino de las acciones llevadas a cabo como consecuencia de las mismas.

- 2) En cuanto al proceso de gestión de reclamaciones 8D, muchas veces no se implementan las acciones definidas a tiempo por falta de seguimiento del proceso, por tanto, se propone un nuevo proceso de seguimiento de los procesos 8D que haya abiertos en la fábrica de la siguiente manera:

-Nivel 1:

Se recopilan los procesos 8D en los que haya alguna etapa cuya fecha límite esté próxima o pasada.

En alerta los 4 siguientes:

CAR Number	CAR Data source	CAR Title	CAR State	CAR Champion (Name & ID)	CAR Investigator (Name & ID)	CAR Second Investigator (Name & ID)	CAR Verifier (Name & ID)	Days Until Due	Days since last update	(D6)Implement (Status)	Disc Target Date	Time Allowed for D6	PRCT	Days Open
9963094	PRODUCTION	FY CUST 16 HARVESTER CLUSTER VALVE LEAKS	D4 Define and Verify Root Cause	CAMPOS, JOSE ANTONIO - CE05762	SANCHEZ, CARLOS - CS72218	GOMEZ, IBAN - IG81218	ZAMORA, JOSE ANTONIO - JZ27245	11	69	22/09/2016	105	116		
9620929	PRODUCTION	ENGRAÑEJE CE10308 CON DIAMETROS DE 43.13 +/- 0.025 FUERA DE ESPECIFICACION	D4 Define and Verify Root Cause	ALONSO, JUAN MIGUEL - CE05856	SANCHEZ, ENRIQUE - ES05963	GARCIA, SERGIO - SG17549	GAVILAN, ANA MARIA - AG10728	2	21	05/10/2016	168	166		
10038869	PRODUCTION	FY16 CUST HK LOADING MISSING SNAP RING	D6 Implement Permanent Corrective Action	CHICO, JUAN MANUEL - CE05789	MARTINEZ, PILAR - PM43703	SANCHEZ, PABLO - CS05833	SANCHEZ, CARLOS - CS72218	17	12	20/10/2016	106	89		
10150222	PRODUCTION	DM NOT READABLE	D4 Define and Verify Root Cause	ALONSO, JUAN MIGUEL - CE05856	GARCIA, JAVIER - CE01598	ROMERO, MIGUEL ANGEL - MR06045	LARATTA, ANTONIO - PE00052	17	31	20/10/2016	59	42		

Adicionalmente tener en cuenta

- 60 días sin actualizar estado

9293967	PROBLEMAS DE PRODUCCION/CALIDAD EN HORNO INTERMITENTE 97249	Implement Permanent Corrective Action	MAORIGALL, JOSE MIGUEL - MJ0115112	GARCIA, JAVIER - JG00597	GAVILAN, ANA MARIA - AG10728	22	
---------	---	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------	------------------------------	----	--

- Sin avance a pesar de estar en alerta

9620929	ENGRAÑEJE CE10308 CON DIAMETROS DE 43.13 +/- 0.025 FUERA DE ESPECIFICACION	D4 Define and Verify Root Cause	ALONSO, JUAN MIGUEL - CE05856	SANCHEZ, ENRIQUE - ES05963	GARCIA, SERGIO - SG17549	GAVILAN, ANA MARIA - AG10728	2	21	05/10/2016		
---------	--	---------------------------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------	------------------------------	---	----	------------	--	--

Figura 5.7: Procesos 8D cuya fecha límite sea crítica.

Una vez agrupados los procesos críticos, se debe recopilar toda la información referente a los mismos para intentar que pasen de fase, por ejemplo, de D4 a D5.

-Nivel 2:

Los procesos 8D reunidos en el nivel 1, deben ser tratados en las siguientes reuniones de calidad con el fin de conseguir más información sobre el problema de calidad y así avanzar en el proceso:

- QIT (Quality Improvement Team) → Las reuniones del ingeniero de calidad con el equipo de la minifábrica correspondiente al producto sobre el que se ha abierto el proceso 8D.
- Q OFP (Quality área OFP) → Las reuniones que se llevan a cabo entre todos los ingenieros de calidad correspondientes al área de OFP del departamento de calidad de JDISA, independientemente de la minifábrica correspondiente al producto sobre el que se ha abierto el proceso 8D.
- Panel Daily CI → Las reuniones diarias que se hacen junto al panel informativo de cada minifábrica, visto en el Capítulo 3, en el apartado del DPS.

-Nivel 3:

Se recopilarán datos y métricos nuevos de la actuación de toda la fábrica en cuanto al proceso de gestión de reclamaciones 8D para poder completar un “Scorecard” en el que se comparen las minifábricas y se pueda analizar la evolución y criticidad de los procesos abiertos.

		FABRICA		EE		HGB		MF		LGB		SOS		SM	
		Nov	FYTD	Nov	FYTD	Nov	FYTD	Nov	FYTD	Nov	FYTD	Nov	FYTD	Nov	FYTD
Quality Summary	Customer Issues	17	17	2	2	3	3	4	4	2	2	6	6	0	0
	Near Issues	7	7	1	1	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2
	PPMs	1239		398		5474		2276		591		224		0	
NCCA Execution	Open NCCA	2	20	0	12	1	3	1	2	0	1	0	1	0	1
	PRT Average Days	141		154		304		171		36		163		15	
	% On Target D1-D3	76%		75%		67%		83%		100%		100%		100%	
	% On Target D1-D6	78%		43%		74%		50%		100%		100%		100%	

Figura 5.8: Scorecard de la actuación de los procesos 8D abiertos en JDISA.

Este scorecard ya existía antes de proponer la mejora, sin embargo, había campos que no estaban presentes pero que son muy necesarios como pueden ser:

- En la parte de “Quality Summary”:
 - “Near Issues”: se refiere a todas las incidencias de calidad en la línea y los Stop Shipment que, aunque no afectan a la fábrica cliente, también son importantes tenerlas en cuenta para seguir mejorando.
 - “PPMs”: se refiere a las partes por millón, explicadas en el Capítulo 3, que son la cantidad de incidencias que sí que han afectado a las fábricas cliente. En color rojo las que superan el nivel de PPMs permitido, impuesto por la dirección de JDISA al comienzo del año fiscal, y en color verde las que no lo superan.

- En la parte de “NCCA Execution”, correspondiente a los procesos 8D:
 - “PRT Average Days”: se refiere a la media de días que tarda cada minifábrica en completar un proceso 8D. En color amarillo, las que se completan a tiempo, pero muy cerca de la fecha límite, en color rojo las que no se completan a tiempo por lo general, y en color verde las que se suelen completar a tiempo.

En el resto del scorecard, que ya se utilizaba en JDISA, se pueden ver valores como “Customer Issues” que trata sobre las reclamaciones que sí que afectan directamente a los clientes y otros referidos a la parte de la gestión de reclamaciones 8D (más conocido como NCCA en John Deere), como pueden ser “%On Target D1-D3” y “%On Target D1-D6”. De estos últimos campos, el primero se refiere al porcentaje de veces que la minifábrica cumple la fecha del D3 a tiempo y, por tanto, el segundo se refiere al porcentaje de veces que cumple la fecha del D6.

- 3) Actualizar las reuniones mensuales en las que se reúne la dirección de la organización con el equipo de calidad llamada Quality Council. Esta actualización tendrá como objetivos principales la priorización de reclamaciones y la definición de responsabilidades en los planes de acción, objetivos que antes no se cumplían. De esta manera podrán cumplirse los plazos de implementación esperados por los clientes a tiempo más fácilmente y además gracias a factores supervisados por la dirección directa de la compañía.

La agenda actualizada de esta reunión, con el objetivo de que dé tiempo a tratar todos los temas recurrentes de calidad, sería:

- 1º Métricos (10 min): análisis del scorecard de la propuesta de mejora anterior y del resto de métricos de la fábrica que muestren el desempeño en cuanto a calidad que se está llevando a cabo.
- 2º Procesos 8D (30 min): se le expondrán a la dirección tres procesos 8D significativos ese mes por sesión, de 10 minutos cada exposición. El criterio establecido para presentar un proceso 8D será el siguiente: Impacto a la fábrica cliente>Retraso>Coste>Diseño.
- 3º Incidencias de calidad importantes que hayan ocurrido ese mes (10 min): también se presentará en esta parte de la reunión, un resumen de los Stop Shipment que se han ejecutado durante el mes, en caso de que haya alguno.
- 4º Presentación de proyectos de calidad (25 min): proyectos que supongan mejoras para alguna de las incidencias de calidad importantes del mes o para el propio sistema de gestión de la calidad en JDISA.
- 5º Mensaje de calidad del mes (5 min): cada mes debe transmitirse un mensaje de calidad diferente a todos y cada uno de los departamentos de John Deere

Ibérica, incluyendo los operarios. Este mensaje estará relacionado con alguna o varias de las incidencias de calidad más importantes del mes. El objetivo del mensaje de calidad del mes es implantar la cultura “cero defectos” del pensamiento Lean Manufacturing.



La Calidad es asunto de tod@s



Gestión Scrap fábrica. ¿Cómo puedo ayudar?

Rellena adecuadamente los boletos de scrap y colócalos junto a las piezas No Conformes



- Referencia
- Cantidad
- Fecha de la detección
- Causa del defecto
- Proveedor
- Quién rellena



- Ayúdanos marcando el defecto
- Coloca el boleto en la pieza no conforme

La información sobre las No conformidades sirve de palanca de mejora para el futuro.



Mensaje Dpto. Calidad Marzo 2018

Figura 5.9: Mensaje de calidad del mes de marzo 2018.

5.4- Plan de implementación

En este apartado se propondrá un plan de implementación coherente y realista para las mejoras propuestas en los apartados anteriores de este mismo capítulo. Hay que tener en cuenta que, en una organización dotada de tantos departamentos, que deben trabajar en común para implementar muchas de las mejoras propuestas, pueden no cumplirse algunos de los puntos marcados en el plan de implementación a tiempo, por lo que las acciones que se explicarán a continuación pueden ser susceptibles de modificaciones por imprevistos, aunque siempre sin perder el objetivo original.

Se realizarán dos planes de implementación diferentes, uno referido a las propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real y otro para las propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión. Ambos planes incluirán los siguientes componentes:

- Acciones de mejora para resolver la oportunidad de mejora identificada.
- Definición de los objetivos que pretenden alcanzarse mediante las acciones de mejora que se ejecutarán.
- Definición del tipo de recursos de los que se precisará: materiales, humanos o tecnológicos. La gran mayoría de casos en los que se necesitan recursos humanos, se refieren a esfuerzo humano.
- Definición de la fecha de inicio y de fin de cada una de las acciones de mejora.
- Asignación del departamento responsable de cada acción de mejora.

5.4.1- Plan de implementación de las propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real

Acción	Objetivo	Recursos	Fecha inicio	Fecha fin	Responsable
Stop Shipment	No enviar cajas defectuosas a cliente	Humanos	04/12/2017	13/12/2017	Departamentos de calidad y embarques (logística)
Cambio de la camisa del retén	Evitar el problema de las fugas	Materiales (camisa nueva)	04/12/2017	11/12/2017	Departamento de producción
Actualización del PFMEA	Evitar el problema de las fugas	Humanos	04/12/2017	11/12/2017	Departamento de calidad

Formación de manipulación del retén a todos los turnos	Evitar el problema de las fugas	Humanos y materiales	11/12/2017	21/12/2017	Departamento de calidad
Actualización de la HDM	Evitar el problema de las fugas	Humanos	02/01/2018	09/01/2018	Departamento de producción
Actualización de la hoja de auditorías volantes	Evitar el problema de las fugas	Humanos	02/01/2018	09/01/2018	Departamento de calidad
Alerta de calidad de la posición del cilindro de la prensa	Evitar el problema de las fugas	Humanos	08/01/2018	15/02/2018	Departamento de calidad
Reprogramación de los parámetros del torno y la rectificadora	Evitar el problema de las fugas	Humanos y tecnológicos	08/01/2018	29/01/2018	Departamentos de ingeniería de producto y mantenimiento
Actualización del DFMEA	Evitar el problema de las fugas	Humanos	15/01/2018	22/01/2018	Departamento de calidad
Inspecciones de los parámetros del lead de los ejes CE30105	Evitar el problema de las fugas	Humanos, materiales y tecnológicos	15/01/2018	29/01/2018	Departamento de calidad

Tabla 5.10: Plan de implementación de propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real.

5.4.2- Plan de implementación de las propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Acción	Objetivo	Recursos	Fecha inicio	Fecha fin	Responsable
Implementación de métricos de control del DFMEA/PFMEA/DPAR	Llevar un control de las acciones llevadas a cabo para asegurar la calidad	Humanos	03/05/2018	04/06/2018	Departamento de calidad
Cursos de formación periódicos de recordatorio sobre los elementos críticos de montaje	Evitar la aparición de problemas de calidad en las cajas de transmisión	Humanos y materiales	07/05/2018	Indefinido	Departamento de calidad
Contratación y formación de dos nuevos auditores en el departamento de calidad*	Evitar la aparición de problemas de calidad en las cajas de transmisión	Humanos	21/05/2018	21/06/2018	Departamento de recursos humanos

Implementación de los nuevos planes de acción del SPC	Reducir los factores permanentes de variabilidad sobre los procesos	Humanos, materiales y tecnológicos	07/05/2018	07/06/2018	Departamentos de calidad y de mantenimiento
Redefinición de las pruebas de los bancos de rodaje necesarios	Advertir posibles problemas de calidad antes de que salgan de fábrica	Humanos y tecnológicos	14/05/2018	14/06/2018	Departamento de PV&V
Formación de un mayor número de operarios y con un mayor control	Evitar la aparición de problemas de calidad en las cajas de transmisión	Humanos	14/05/2018	Indefinido	Departamentos de producción y calidad
Implementación de la nueva normativa de Stop Shipment (avisar siempre al cliente)	Evitar que el problema se extienda más allá de JDISA	Humanos	07/05/2018	07/06/2018	Departamentos de producción, calidad y embarques
Contratación y formación de un nuevo analista para el área de medición y verificación	Evitar la aparición de problemas de calidad en las cajas de transmisión	Humanos y materiales	14/05/2018	14/06/2018	Departamento de recursos humanos
Implementación del plan de priorizaciones de estudios GR&R	Evitar la aparición de problemas de calidad en las cajas de transmisión	Humanos y tecnológicos	14/05/2018	14/06/2018	Departamento de calidad
Implementación de la nueva base de datos de reclamaciones	Llevar mayor control sobre las reclamaciones abiertas	Humanos y tecnológicos	07/05/2018	07/06/2018	Departamento de calidad
Implementación del nuevo proceso de seguimiento de las reclamaciones 8D	Mejorar la priorización de procesos 8D	Humanos	21/05/2018	21/06/2018	Departamento de calidad
Implementación del nuevo enfoque de las reuniones "Quality Council"	Mejorar en plazos y calidad de las acciones	Humanos	14/05/2018	14/06/2018	Departamento de calidad

Tabla 5.11: Plan de implementación de propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión.

Como aclaración, la acción cuya fecha de fin pone "indefinido" es porque es algo que pretende realizarse ya de forma permanente, es decir, sin fecha de finalización.

*La contratación de los nuevos auditores más bien se trata de una subida de rango de dos operarios. El procedimiento que se lleva a cabo en John Deere Ibérica para decidir qué operarios son los más indicados para obtener el puesto de auditores es el siguiente:

- 1º Se imparte material teórico de formación a los operarios que deseen formar parte del proceso de selección sobre todas las cajas de transmisión, su funcionamiento y los procesos necesarios para el montaje de cada una de ellas.
- 2º Los operarios que quieren ser ascendidos a auditores deben estudiar ese material de cara al examen teórico, puesto por los ingenieros de calidad, al que deberán presentarse.
- 3º Después del examen teórico, se les evalúa de forma práctica auditando un proceso y una caja de transmisión.
- 4º Se hace la nota media entre las notas del examen teórico y del examen práctico de cada candidato a auditor y se escoge a las dos personas cuyas notas sean las más altas.
- 5º Después de esto, solo faltaría contratar dos operarios más que sustituyesen a los nuevos auditores.

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Capítulo 6: **Conclusiones y futuros desarrollos**

Índice del Capítulo 6

6.1- Introducción a las conclusiones y futuros desarrollos	Pág. 171
6.2- Análisis de los resultados	Pág. 172
<i>6.2.1- Análisis de los resultados del plan de implementación de las propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real</i>	<i>Pág. 172</i>
<i>6.2.2- Análisis de los resultados del plan de implementación de las propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión</i>	<i>Pág. 174</i>
6.3- Marco regulador	Pág. 177
6.4- Conclusiones	Pág. 179
6.5- Futuros desarrollos	Pág. 181

6.1- Introducción a las conclusiones y futuros desarrollos

En este capítulo, se llevará a cabo un análisis de los resultados tanto del plan de implementación del caso real de reclamaciones como del plan de implementación de las propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión. Este análisis será a nivel de objetivos y económico.

Una vez analizados los resultados, se procederá a explicar el marco regulador en el que se describirán las normativas y restricciones a las que está sometida la gestión de la calidad en la cadena de suministro en JDISA. Después, se expresarán las conclusiones obtenidas de todo el proyecto tanto para la empresa como para mí, la autora del trabajo.

Por último, se hablará de los posibles futuros desarrollos de las mejoras propuestas para el sistema de la gestión de la calidad en John Deere Ibérica.

6.2- Análisis de los resultados

6.2.1- Análisis de los resultados del plan de implementación de las propuestas de mejora directamente aplicadas al caso real

La línea temporal de las diferentes etapas por las que pasa el caso real de gestión de reclamaciones postventa del retén de salida de ProDrive es la siguiente:

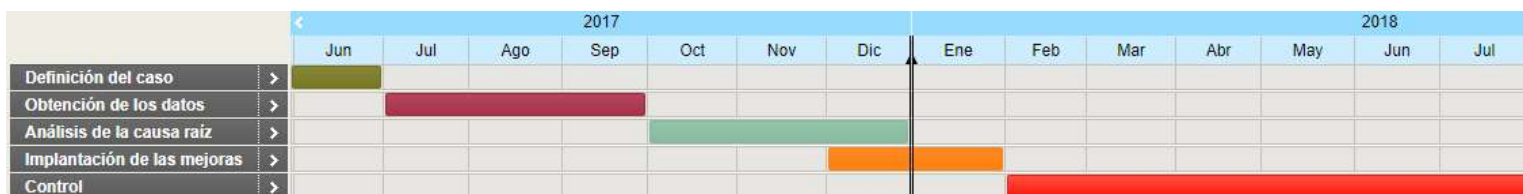


Figura 6.1: Línea temporal del proyecto de calidad de reducción de fugas en la caja ProDrive.

Una vez implementadas todas las mejoras, es necesario estandarizarlas para asegurarse de que se siguen los objetivos propuestos al principio del proyecto se cumplirán a largo plazo. Además, también es necesario llevar un control de los nuevos procesos y de las nuevas especificaciones para asegurarse de que se están ejecutando correctamente.

Finalmente, tras todas estas fases, los objetivos del proyecto se terminaron cumpliendo ya que se redujeron más del 50% de las reclamaciones como se había fijado en un principio.

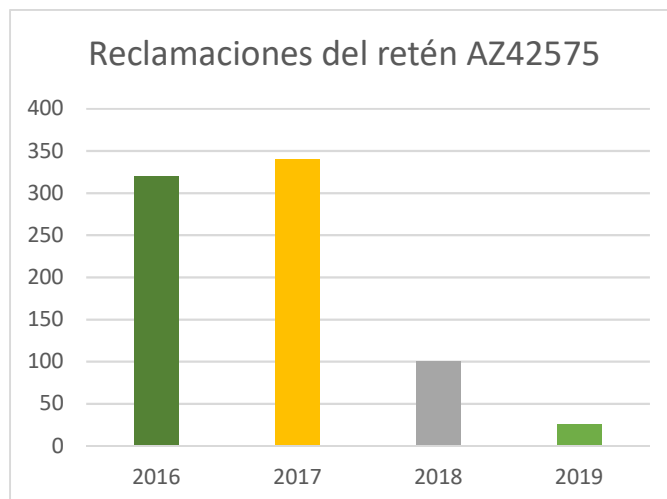


Figura 6.2: Gráfico de evolución de las reclamaciones del retén AZ42575 por año fiscal.

Las barras correspondientes a los años fiscales 2016 y 2017, están compuestas por datos reales del número de reclamaciones de garantías que se dieron. Sin embargo, los datos a partir de junio del año fiscal 2018 y el año fiscal 2019, son una estimación de lo que bajarán las reclamaciones según el ritmo al que bajaron hasta el mes de marzo de 2018:

- Reclamaciones marzo 2017: 27
- Reclamaciones marzo 2018: 7

Se analizan las reclamaciones en el mes de marzo puesto que las mejoras comienzan a implantarse en el mes de diciembre de 2017 y la caja de transmisión tarda aproximadamente dos meses en montarse en el vehículo agrícola, más un mes que tarda en adquirirla el cliente final aproximadamente.

Mediante el ratio $\frac{\text{Reclamaciones marzo 2018}}{\text{Reclamaciones marzo 2017}} = \frac{7}{27} = 0,26$ se puede estimar, a grandes rasgos, el número de reclamaciones que se obtendrán hasta final del año 2018 y en el 2019:

- Estimación de las reclamaciones año fiscal 2018 = Reclamaciones 2017x0,26 =
 $340 \times 0,26 = 88,4$.

Con el objetivo de estar del lado de la seguridad y no ser demasiado optimistas, se dejaría en 100 reclamaciones de garantías aproximadamente para el año fiscal 2018 debidas al retén AZ42575 de ProDrive.

- Estimación de las reclamaciones año fiscal 2019 = Estimación reclamaciones 2018x0,26=
 $100 \times 0,26 = 26$.

Hay que tener en cuenta que, mediante la reducción del número de reclamaciones la satisfacción de los clientes aumenta considerablemente. Este aumento de la satisfacción del cliente se ve reflejado en los indicadores "Achieving Excellence". Como se explicó anteriormente, el programa "Achieving Excellence" establece los criterios para determinar el grado de satisfacción de clientes al final de cada año fiscal. Al igual que John Deere Ibérica evalúa con este método a sus proveedores, las fábricas clientes, como JD Harvester Works o JD Horizontina (Brasil), también lo hacen con JDISA.

Económicamente, se pasó de gastar casi 80000 € en el año fiscal 2017 debido a todos los costes que implicaban las numerosas reclamaciones por el retén de salida de ProDrive, como podían ser de devoluciones de cajas de cliente y de reprocesos, a tener un gasto previsible, según lo gastado en el mes de marzo, de 20000 € debido a estas reclamaciones.

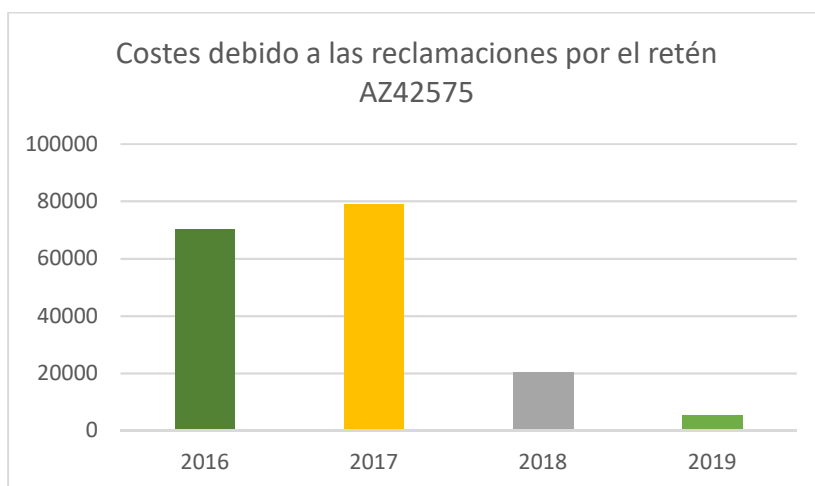


Figura 6.3: Gráfico de evolución del coste debido a las reclamaciones del retén AZ42575 por año fiscal.

Al igual que en el gráfico anterior, los valores a partir de junio del año fiscal 2018 y del año fiscal 2019 son estimados, por una simple regla de tres, conociendo el coste real de las reclamaciones en el año 2017 y la previsión del número de reclamaciones para los años 2018 y 2019.

6.2.2- Análisis de los resultados del plan de implementación de las propuestas de mejora en la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Puesto que las mejoras propuestas para la gestión de la calidad en la cadena de suministro de las cajas de transmisión en John Deere aún no se han terminado de implementar o bien, no ha dado tiempo a evaluar los resultados, el siguiente análisis estará basado en estimaciones de lo que se pretende conseguir mediante la implementación de las mismas. De la misma forma, las estimaciones económicas están hechas de manera aproximada y a grandes rasgos.

Acción	Recursos	Inversión	Ahorros esperados	Resultados esperados
Implementación de métricos de control del DFMEA/PFMEA/DPAR	Humanos	Esfuerzo humano únicamente	Ahorro de costes de la mala calidad	Participación más activa en los procesos de gestión de la calidad previos a la producción de la caja de transmisión
Cursos de formación periódicos de recordatorio sobre los elementos críticos de montaje	Humanos y materiales	30 € por persona aprox.	Se podrían ahorrar hasta 60000 € como se ha visto en el caso real	Disminución considerable de problemas de calidad debido a elementos críticos de montaje mediante la transmisión de la cultura de los “cero defectos”
Contratación y formación de dos nuevos auditores en el departamento de calidad	Humanos	2x1000€ (aprox.) mensuales del nuevo sueldo de los nuevos operarios + 2x1300€ (aprox.) mensuales de la diferencia del sueldo entre operario y auditor	Se podrían ahorrar hasta 60000 € como se ha visto en el caso real, el problema se habría notado antes	La calidad en los procesos productivos estaría mucho más controlada y se evitarían muchos de los defectos que en esta fase se producen y acaban llegando a cliente
Implementación de los nuevos planes de acción del SPC	Humanos, materiales y tecnológicos	5000€ por línea aprox.	Ahorro de costes de la mala calidad no visible a priori, pero costosa al final	Reducción de la variabilidad debida a factores permanentes en los procesos y con ella, incidencias de calidad habituales y número de reprocesos
Redefinición de las pruebas de los bancos de rodaje necesarios	Humanos y tecnológicos	Esfuerzo de los ingenieros de PV&V únicamente	Se podrían ahorrar hasta 60000 € como se ha visto en el caso real, el problema se habría notado antes	Detección de los problemas de calidad que pueda dar la caja en pleno funcionamiento sometida a condiciones reales, evitando que ocurra en el campo

Formación de un mayor número de operarios y con un mayor control	Humanos y materiales	100 € por persona aprox	Ahorros en pérdidas productivas, en reprocesos por producción de cajas no conformes y en costes de la mala calidad	Mayor conocimiento técnico de las operaciones a realizar por parte del operario y, por tanto, mayor capacidad para advertir en el momento cuando algo no está sucediendo de forma correcta
Implementación de la nueva normativa de Stop Shipment (avisar siempre al cliente)	Humanos	Esfuerzo de los ingenieros de John Deere únicamente	Ahorro de los costes de las devoluciones de cajas desde la fábrica	Mayor satisfacción de la fábrica cliente al saber que en JDISA se lleva un estricto control de las no conformidades y se informa adecuadamente a los clientes para no perjudicar su producción
Contratación y formación de un nuevo analista para el área de medición y verificación	Humanos y materiales	2200 € mensuales aprox.	Se podrían ahorrar hasta 60000 € como se ha visto en el caso real, el problema se habría notado antes	Detección temprana de problemas de calidad en componentes que pueden afectar de forma muy negativa al funcionamiento del producto final
Implementación del plan de priorizaciones de estudios GR&R	Humanos y tecnológicos	Esfuerzo de los ingenieros de John Deere y de los recursos tecnológicos de los que precisa la empresa únicamente	Ahorro de costes de la mala calidad producida a causa de la mala calibración de una herramienta	Reducción de modos de fallo totalmente evitables y previsibles
Implementación de la nueva base de datos de reclamaciones	Humanos y tecnológicos	500€ aprox. más el mantenimiento anual de la misma por la empresa de software programadora	Ahorro de costes la mala calidad por recurrencias en una misma reclamación y por advertir a tiempo ciertos problemas graves y repetitivos	Mayor seguimiento y control de cada reclamación, así como de las acciones llevadas a cabo para asegurar que no vuelva a darse el mismo problema de calidad
Implementación del nuevo proceso de seguimiento de las reclamaciones 8D	Humanos	Esfuerzo de los ingenieros del departamento de calidad únicamente	Ahorro de costes la mala calidad por recurrencias en una misma reclamación y por advertir a tiempo ciertos problemas graves y repetitivos	Mayor priorización de las reclamaciones más importantes y rapidez en la reacción. Aumento también de la satisfacción de la fábrica cliente al cumplir las expectativas adecuadamente

Implementación del nuevo enfoque de las reuniones "Quality Council"	Humanos	Esfuerzo de los ingenieros del departamento de calidad únicamente	Ahorro de costes la mala calidad por recurrencias en una misma reclamación y por advertir a tiempo ciertos problemas graves y repetitivos	Mayor seguimiento y control de cada reclamación, así como de las acciones llevadas a cabo para asegurar que no vuelva a darse el mismo problema de calidad
---	---------	---	---	--

Tabla 6.4: Resumen de los resultados esperados de las mejoras en proceso de implantación en JDISA.

Los salarios estimados han sido obtenidos de las tablas salariales públicas para todos los miembros pertenecientes a la compañía de John Deere de 2018. El resto de costes son estimaciones proporcionadas por el conocimiento de mi tutor del proyecto por la empresa, actual gerente del área de OFP del departamento de calidad de JDISA.

6.3- Marco regulador

Las normativas vigentes que se aplican a todos los procesos envueltos en la cadena de suministro de John Deere Ibérica, incluidos los procesos de gestión de la calidad son las siguientes:

- Reglamento (CE) nº 1221/2009, modificado por el Reglamento (UE) 2017/1505: determina el grado de participación de la organización en un sistema comunitario de gestión y auditorías medioambientales.
- UNE-EN ISO 14001:2015: establece los requisitos que se deben cumplir a la hora de implantar un Sistema de Gestión Ambiental de manera eficiente.
- UNE-EN ISO 9001:2015: establece los requisitos que se deben cumplir a la hora de gestionar la calidad en una organización.

Las normas ISO están destinadas a unificar bajo un estándar ciertas prácticas que todas las organizaciones, que deseen poseer la certificación ISO correspondiente, deben llevar a cabo de la misma manera. Estas normas tienen como principal finalidad que las organizaciones se gestionen de forma que se aumente la calidad de los procesos productivos y el compromiso con el medioambiente y se reduzcan los costes y los riesgos relacionados con la seguridad.



Figura 6.5: Logo ISO. [33]

La entidad AENOR es la encargada de evaluar la conformidad de estas normas con los procesos realizados en JDISA, mediante la realización de auditorías periódicas en función de los resultados de auditorías previas. La última auditoría que se llevó a cabo en John Deere Ibérica fue en enero de este año, 2018:

AENOR		
JOHN DEERE IBÉRICA, S.A.		
Informe de Auditoría		
Nº SUBEXPEDIENTE: 1998/0334/VM/01 NORMA DE APLICACIÓN: Reglamento (CE) nº 1221/2009, modificado por el Reglamento (UE) 2017/1505	Nº INFORME: 11	TIPO DE AUDITORÍA: Renovación + adaptación Requiere envío de PAC a AENOR INTERNACIONAL S.A.U.: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Nº SUBEXPEDIENTE: 1998/0334/GA/01 NORMA DE APLICACIÓN: UNE-EN ISO 14001:2015	Nº INFORME: 15	TIPO DE AUDITORÍA: Renovación + adaptación Requiere envío de PAC a AENOR INTERNACIONAL S.A.U.: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Nº SUBEXPEDIENTE: 1998/0334/ER/01 NORMA DE APLICACIÓN: UNE-EN ISO 9001:2015	Nº INFORME: 22	TIPO DE AUDITORÍA: Renovación + adaptación Requiere envío de PAC a AENOR INTERNACIONAL S.A.U.: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Fecha de realización de la Auditoría: 2018-01-22, 23, 24 y 25		

Figura 6.6: Portada del informe de auditoría de AENOR.

Como puede observarse, JDISA obtuvo un Sí en “Requiere envío de PAC a AENOR INTERNACIONAL S.A.U.”. Esto significa que se necesita que la organización envíe el Plan de Acciones Correctivas a AENOR debido a la advertencia de algunas no conformidades leves en las normativas evaluadas. Una vez enviado, los técnicos de AENOR evaluarán si las certificaciones podrán ser renovada o no. No obstante, el auditor jefe que llevó a cabo la auditoría propone la ratificación de todas las certificaciones que audita. Finalmente, tras el envío del PAC, AENOR renovó todas las certificaciones auditadas.

Todas y cada una de las propuestas de mejora han sido pensadas también para que cumplan la normativa vigente aplicada a John Deere Ibérica, y de esa manera, seguir mejorando día a día y ofreciendo la máxima calidad a los clientes.

6.4- Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas de la realización de este trabajo de fin de grado son las siguientes:

- La importancia de mejorar continuamente día a día, sobre todo en lo que a la calidad se refiere, y no relajarse en los estándares ni perder el hábito de realizar buenas prácticas a la hora de gestionar la calidad. Esto es, porque como se ha visto, muchas de las oportunidades de mejora que se han visto se podían solucionar simplemente con esfuerzo por parte de los trabajadores.
- La puesta en práctica del pensamiento Lean, y con él, la filosofía de los “cero defectos” es fundamental para conseguir alcanzar los niveles de calidad requeridos por el cliente. Para conseguir este objetivo, también se ha visto que son muy importantes otras herramientas de Lean Manufacturing, como pueden ser TPM o Six sigma.
- La priorización de la calidad frente a la productividad es esencial en la producción de cajas de transmisión. Por muchas piezas que se hagan, si tienen problemas de calidad no sirven de nada, de hecho, es más caro para la organización que si no se hubiesen llevado a cabo debido al coste extra del reproceso o del scrap.
- La figura de los auditores también se ha visto que puede llegar a ser un factor de ayuda muy importante, ya que son los encargados de verificar que la mayoría de los procesos de gestión de la calidad se lleven a cabo como es debido. Por tanto, es importante que haya un número adecuado de auditores en la compañía.
- Se ha llegado también a la conclusión de que un análisis de la causa raíz bien llevado a cabo junto a otros procesos de gestión de la calidad pueden llegar a ser muy útiles a la hora de resolver un problema de calidad costoso para la organización y como consecuencia, disminuir de forma notable los costes asociados.
- Son muy positivos los planes de implementación bien ejecutados y con fechas, responsables y objetivos bien definidos para que se realicen adecuadamente todas las actividades de mejora.
- La comunicación con todos y cada uno de los departamentos, incluida la dirección, que forman John Deere Ibérica también es primordial para que todos los procesos de la cadena de suministro de las cajas de transmisión doten de la calidad necesaria a los productos finales. Mediante las reuniones vistas a lo largo de este proyecto es como se cumple este objetivo en JDISA.

En resumen, puede concluirse afirmando que la puesta en práctica de procesos que gestionen la calidad adecuadamente puede ahorrar grandes costes innecesarios para la compañía y aumentar notablemente la satisfacción, tanto de las fábricas John Deere a las que se exportan las cajas de transmisión como a los clientes finales. Esta adición de valor al cliente final es uno

de los factores más importantes por los que John Deere es la compañía líder mundial en el sector de la maquinaria agrícola y es trabajo de todas las personas que integran Deere & Company mantener esa posición mediante la oferta de calidad constante a los consumidores.

Respecto al desarrollo del proyecto, la actuación del departamento de calidad ha sido decisiva para que se llevasen a cabo correctamente todas y cada una de las acciones propuestas además de la colaboración de proveedores y departamentos como el de producción o manufactura. Se puede decir también que, en parte gracias a todas las aportaciones de estos diferentes departamentos, se han cumplido todos los objetivos marcados al inicio del proyecto.

A nivel personal, ha sido una gran oportunidad poder trabajar con muchos de los profesionales que componen la excelencia de John Deere puesto que he aprendido mucho de ellos y he podido formar parte de un equipo bien organizado y orientado a unos objetivos claros relacionados con el alcance de la calidad total en los procesos que envuelven la producción de una caja de transmisión.

He podido poner en práctica muchos de los conocimientos adquiridos en la universidad, como toda la metodología Lean Manufacturing y otros conocimientos de mecánica, para el desarrollo de este trabajo de fin de grado. Además, he aprendido nuevas características de ciertos elementos mecánicos como el lead o twist (giro).

En definitiva, ha sido una experiencia realmente satisfactoria en mi proceso de aprendizaje no solo por la adquisición de diferentes responsabilidades en el proyecto y el cumplimiento de todos los objetivos iniciales, sino también por haber podido conocer el funcionamiento de una gran fábrica industrial a nivel multinacional y haber trabajado en la resolución de problemas de calidad diferentes cada día ejerciendo como ingeniera.

6.5- Futuros desarrollos

En un futuro se podría trabajar en ciertas mejoras que a priori requieren una inversión de dinero muy grande, pero también pueden suponer grandes beneficios para la compañía a largo plazo:

- Creación de un departamento de formación que se dedique exclusivamente a formar al personal de la fábrica con la finalidad de que todas las personas que forman la organización dispongan del máximo conocimiento posible sobre lo que hacen. En este departamento se llevarían a cabo planes de priorización e investigación sobre nuevas formaciones útiles.

Podría considerarse la inversión de una gran suma de dinero en este nuevo departamento (en formadores, materiales, espacios nuevos, etc.) en el caso de que la mejora propuesta de las formaciones periódicas resultase realmente beneficiosa para la compañía.

- Creación de un “firewall” en John Deere Ibérica. El término firewall en Deere & Company se usa para definir un espacio y equipo dedicados únicamente a probar productos sometiéndolos a condiciones reales. Esto es diferente a los bancos de prueba, ya que se trataría de montar las cajas de transmisión de vehículos agrícolas reales y probarlos durante horas, incluso días, con el fin de asegurar que realmente todo funciona como es debido.

Actualmente, existen firewalls en otras fábricas de John Deere, como por ejemplo en Harvester (EEUU). Sería positivo tener un firewall en John Deere Ibérica en el caso de que con la redefinición de las pruebas de los bancos de rodaje se siguiese sin detectar modos de fallo que ocurren luego en el campo. De esta manera, podrían detectarse los problemas antes de que lleguen hasta el cliente final, lo cual supone un coste mucho mayor de lo que costaría solucionar el problema en JDISA.

- Creación de un sistema de trazabilidad corporativo, es decir, que todas las fábricas pertenecientes a Deere & Company dispongan del mismo sistema de trazabilidad y, por ejemplo, los ingenieros de calidad de la fábrica John Deere Zweibrücken, la cual se dedica al ensamblado final de vehículos agrícolas en Alemania, dispongan de todos y cada uno de los datos de montaje de una de las cajas de transmisión que vaya ensamblada en uno de sus vehículos y sea producida en John Deere Ibérica. De esta manera, se facilita la comunicación entre las diferentes fábricas y se evitan redundancias y la carencia de información.

Análisis y propuestas de mejora de la gestión de calidad en la cadena de suministro de cajas de transmisión

Bibliografía

En esta parte se citarán las fuentes en las que me he apoyado y gracias a las que he podido documentar completamente ciertas partes de este proyecto:

- GUÍA DE LA CALIDAD, (s.f.). Análisis DAFO. En: *Guía de la calidad*. Disponible en: <http://www.guiadelacalidad.com/modelo-efqm/analisis-dafo> [consulta: febrero 2018].
- EMPRENDEDORES, 2012. Cómo se hace un análisis DAFO. En: *Emprendedores*. Disponible en: <http://www.emprendedores.es/gestion/como-hacer-un-dafo/como-hacer-un-dafo2> [consulta: febrero 2018].
- JOHN DEERE, (s.f.). John Deere History. En: *John Deere*. Disponible en: <https://www.deere.com/en/our-company/history/> [consulta: febrero 2018].
- JOHN DEERE, (s.f.). About John Deere. En: *John Deere*. Disponible en: <https://www.deere.com/en/our-company/about-john-deere/> [consulta: febrero 2018].
- CATALÁN MOGORRÓN, Heliodoro, 2011. El mercado de la maquinaria agrícola a nivel mundial. *Agricultura*. Madrid: Editorial Agrícola Española, no. 94, pp. 770-773 [consulta: marzo de 2018]. ISSN 0002-1334. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri/Agri_2011_946_770_773.pdf
- CHANG, Richard Y., 1984. *Mejora Continua de Procesos*. 1ª ed. Argentina. Editorial GRANICA. ISBN 9506412294.
- ROTHER, Mike, 2009. *Toyota Kata*. 1ª ed. EEUU. Editorial PROFIT. ISBN 9788416583799.
- PRIDA ROMERO, Bernardo, 2017. Diapositivas de la asignatura Gestión de la Cadena de Suministro I.
- CIEXPLO, 2016. ¿De qué trata la metodología Lean? En: *Ciexpro*. Disponible en: <http://ciexpro.com/comunidad/de-que-trata-la-metodologia-lean/> [consulta: marzo de 2018].
- GALÁN MARTÍNEZ, Daniel, 2010. *Metodología para la implantación de las 5S en John Deere*. Proyecto fin de carrera. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid [consulta: abril de 2018]. Disponible en: <http://e-archivo.uc3m.es>
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Enrique, 2011. *Implantación del sistema de producción Lean de John Deere en una línea de fabricación de engranajes*. Proyecto fin de carrera. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid [consulta: abril de 2018]. Disponible en: <http://e-archivo.uc3m.es>

- DUEÑAS CUBILLO, María Esther, 2010. *Ciclo de análisis y mejora de las garantías en John Deere Ibérica, S.A.* Proyecto fin de carrera. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid [consulta: abril de 2018]. Disponible en: <http://e-archivo.uc3m.es>
- CAMISÓN, César, 2009. Curso Conceptos de calidad y enfoques de gestión. En: *mailxmail*. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-conceptos-calidad-enfoques-gestion> [consulta: abril de 2018].
- JOHN DEERE IBÉRICA, 2013. Política de actuación de los proveedores en John Deere.
- JOHN DEERE IBÉRICA, 2010. Diapositivas utilizadas en la formación a los empleados sobre elementos críticos de montaje de John Deere.
- JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Diapositivas utilizadas en los cursos de formación de SPC para ingenieros de calidad en John Deere.
- JOHN DEERE IBÉRICA, 2013. Documento en el que se establecen las pautas de actuación generales para toda la fábrica del Stop Shipment y Stop Building en John Deere.
- JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Manual de los instrumentos de medición más utilizados en John Deere.
- JOHN DEERE IBÉRICA, 2018. Diapositivas utilizadas en curso de formación Six sigma para el departamento de calidad.
- QUALITY-ONE, (s.f.). Six sigma. En: *Quality-one*. Disponible en: <https://quality-one.com/six-sigma/> [consulta: abril de 2018].
- GOSH, Mayukh, 2010. Process Failure Mode Effect Analysis (PFMEA). En: *Process Excellence Network*. Disponible en: <https://www.processexcellencenetwork.com/business-process-management-bpm/articles/process-failure-mode-effects-analysis-pfmea> [consulta: abril de 2018].
- QUALITY-ONE, (s.f.). FMEA. En: *Quality-one*. Disponible en: <https://quality-one.com/fmea/> [consulta: abril de 2018].
- SPC CONSULTING GROUP, 2014. Plan de Control. En: *SPC consulting group*. Disponible en: <https://spcgroup.com.mx/plan-de-control/> [consulta: abril de 2018].
- JIMENO BERNAL, Jorge, 2012. Diseño de experimentos (DOE): Para qué sirve y cómo realizarlo. En: *PDCA home*. Disponible en: <https://www.pdcahome.com/2117/diseño-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/> [consulta: abril de 2018].

- MINITAB, (s.f.). ¿Qué es una prueba de hipótesis? En: *Soporte de Minitab*. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-hypothesis-test/> [consulta: abril de 2018].
- MINITAB, (s.f.). Diseño de un experimento. En: *Soporte de Minitab*. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/getting-started/designing-an-experiment/> [consulta: abril de 2018].
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Rodrigo, 2012. Las 8D: Ocho pasos para resolver problemas. En: *PDCA home*. Disponible en: <https://www.pdcahome.com/las-8d/> [consulta: abril de 2018].
- QUALITY-ONE, (s.f.). 8D. En: *Quality-one*. Disponible en: <https://quality-one.com/8d/> [consulta: abril de 2018].
- SKF, (s.f.). Runout. En: *SKF*. Disponible en: <http://www.skf.com/us/products/seals/industrial-seals/power-transmission-seals/radial-shaft-seals/coaxiality-and-runout/runout/index.html> [consulta: mayo de 2018].
- DIGITAL SURF, 2011. Lead (Twist) Analysis. En: *Digital surf*. Disponible en: <http://www.digitalsurf.fr/brochures/LeadTwistAnalysisMountainsModule.pdf> [consulta: mayo de 2018].
- DIGITAL SURF, (s.f.). Profile Parameters. En: *Digital surf*. Disponible en: <http://www.digitalsurf.com/en/guide-profile-parameters.html> [consulta: mayo de 2018].
- AENOR, (s.f.). Perfil. En: *Aenor*. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/aenor/perfil/perfil.asp> [consulta: mayo de 2018].
- NUEVA ISO 14001, 2016. Lo más importante de la nueva ISO 14001:2015. En: *Nueva ISO 14001*. Disponible en: <https://www.nueva-iso-14001.com/2016/04/lo-mas-importantes-de-la-nueva-iso-14001-2015/> [consulta: mayo de 2018].

FUENTE DE LAS IMÁGENES DE ELABORACIÓN NO PROPIA:

El resto de imágenes cuya fuente no aparece documentada aquí es porque son de elaboración propia, es decir, han podido ser hechas de alguna de las siguientes formas:

- a) Fotografiadas por mí misma.
- b) Hechas mediante la utilización de programas como Word.
- c) Capturas de pantalla realizadas por mí a herramientas utilizadas en los procesos de gestión de la calidad, en mi propio ordenador de la compañía.

- d) Fotografías que me han permitido, desde John Deere Ibérica, utilizar del caso real de gestión de la calidad (Capítulo 4).

La fuente de las imágenes de elaboración no propia son las siguientes:

[1] MACHINEFINDER, 2010. The life and times of John Deere: a tribute. En: *Machinefinder blog*. Disponible en: <http://blog.machinefinder.com/1512/john-deere-anniversary-tribute> [consulta en: febrero de 2018].

[2] JOHN DEERE, (s.f.). Sobre nosotros. En: *John Deere*. Disponible en: <https://www.deere.es/es/nuestra-compa%C3%B1a/sobre-nosotros/> [consulta en: febrero de 2018].

[3] DORADO MARTÍN, Ernesto, 2011. *Análisis y establecimiento de un protocolo de intervención ante piezas de fundición con fallo*. Proyecto fin de carrera. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid [consulta: febrero de 2018]. Disponible en: <http://e-archivo.uc3m.es>

[4] "Is-Is not template" perteneciente a John Deere.

[5] CAMISÓN, César, 2009. Curso Conceptos de calidad y enfoques de gestión. En: *mailxmail*. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-conceptos-calidad-enfoques-gestion> [consulta: abril de 2018].

[6] CAMISÓN, César, 2009. Curso Conceptos de calidad y enfoques de gestión. En: *mailxmail*. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-conceptos-calidad-enfoques-gestion> [consulta: abril de 2018].

[7] MAJOSEHD, 2012. Gestión de la calidad. En: *Slideshare*. Disponible en: <https://es.slideshare.net/majosehd/g-calidad-1-introduccion-a-la-calidad> [consulta: abril de 2018].

[8] SQF INSTITUTE, 2008. Acerca de la calidad, los clientes y el costo de la calidad. En: *SlidePlayer*. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/5599369/> [consulta: abril de 2018].

[9] PRIDA ROMERO, Bernardo, 2017. Diapositivas de la asignatura Gestión de la Cadena de Suministro I.

[10] GALÁN MARTÍNEZ, Daniel, 2010. *Metodología para la implantación de las 5S en John Deere*. Proyecto fin de carrera. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid [consulta: abril de 2018]. Disponible en: <http://e-archivo.uc3m.es>

[11] PRIDA ROMERO, Bernardo, 2017. Diapositivas de la asignatura Gestión de la Cadena de Suministro I.

[12] JOHN DEERE IBÉRICA, 2006. Diapositivas utilizadas en la formación a los empleados del área de PDP del departamento de calidad de John Deere.

[13] JOHN DEERE IBÉRICA, 2006. Diapositivas utilizadas en la formación a los empleados del área de PDP del departamento de calidad de John Deere.

- [14] NSK, (s.f.). Rodamientos de bolas autoalineables. En: *NSK*. Disponible en: <http://www.mx.nsk.com/rodamientos-de-bolas-351.htm> [consulta: abril de 2018].
- [15] RODESA, (s.f.). Rodamientos de rodillos. En: *Rodesa*. Disponible en: <http://rodesaroles.com/productos/rodamientos-rodillos.html> [consulta: abril de 2018].
- [16] GLASER, (s.f.). Retenes. En: *Glaser*. Disponible en: <https://glaser.es/es/servicio-y-descargas/informaciones-pr%C3%A1cticas/retenes-de-ptfe-y-su-montaje.aspx> [consulta: abril de 2018].
- [17] VIP SPARES, (s.f.). Grupillas interiores DIN-472. En: *VIP Spares*. Disponible en: <http://www.vipspares.com/es/grupillas-interiores-din-472/86-grupilla-interior-42mm.html> [consulta: abril de 2018].
- [18] EGUÍA, (s.f.). Juntas tóricas. En: *Eguía S.L.* Disponible en: <https://tienda.eguias.es/Junta-torica-400-x-200-m/m> [consulta: abril de 2018].
- [19] ENRIQUE REQUENA S.L., (s.f.). Grupo cónico diferencial de camión, tractor, obra pública, autobús, 4x4 y automoción. En: *Enrique Requena S.L.* Disponible en: <https://www.enquierequena.com/es/ofertas-novedades/226-grupo-conico-diferencial-de-camion-tractor-obra-publica-autobus-4x4-y-automocion.html> [consulta: abril de 2018].
- [20] JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Diapositivas utilizadas en los cursos de formación de SPC para ingenieros de calidad en John Deere.
- [21] JOHN DEERE IBÉRICA, 2013. Documento en el que se establecen las pautas de actuación generales para toda la fábrica del Stop Shipment y Stop Building en John Deere.
- [22] JOHN DEERE IBÉRICA, 2013. Documento en el que se establecen las pautas de actuación generales para toda la fábrica del Stop Shipment y Stop Building en John Deere.
- [23] JOHN DEERE IBÉRICA, 2013. Documento en el que se establecen las pautas de actuación generales para toda la fábrica del Stop Shipment y Stop Building en John Deere.
- [24] JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Manual de los instrumentos de medición más utilizados en John Deere.
- [25] JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Manual de los instrumentos de medición más utilizados en John Deere.
- [26] JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Manual de los instrumentos de medición más utilizados en John Deere.
- [27] JOHN DEERE IBÉRICA, 2012. Manual de los instrumentos de medición más utilizados en John Deere.
- [28] JOHN DEERE IBÉRICA, 2018. Diapositivas utilizadas en curso de formación Six sigma para el departamento de calidad.
- [29] JOHN DEERE IBÉRICA, 2018. Diapositivas utilizadas en curso de formación Six sigma para el departamento de calidad.
- [30] PRIDA ROMERO, Bernardo, 2017. Diapositivas de la asignatura Gestión de la Cadena de Suministro I.

[31] TESTMOTORS, 2017. Detección de excentricidad en el eje del motor. En: *Testmotors*. Disponible en: <http://www.testmotors.com/es/portfolio-item/deteccion-excentricidad-motor/> [consulta: mayo de 2018].

[32] TESTMOTORS, 2017. Detección de excentricidad en el eje del motor. En: *Testmotors*. Disponible en: <http://www.testmotors.com/es/portfolio-item/deteccion-excentricidad-motor/> [consulta: mayo de 2018].

[33] SIRSE, 2016. Actualizaciones de ISO 14001 en beneficio para toda empresa. En: *Sirse*. Disponible en: <http://sirse.info/ashoka-mexico-abre-convocatoria-para-emprendedores-sociales-previousnextpause-actualizaciones-de-iso-14001-en-beneficio-para-toda-empresa/> [consulta: mayo de 2018].